

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-91103

(43)公開日 平成5年(1993)4月9日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 L 12/00				
12/42				
H 0 4 Q 9/00	3 1 1 M	7170-5K	H 0 4 L 11/ 00	
		8529-5K		
		9077-5K		
			3 3 1	
審査請求 未請求 請求項の数10(全 29 頁) 最終頁に続く				

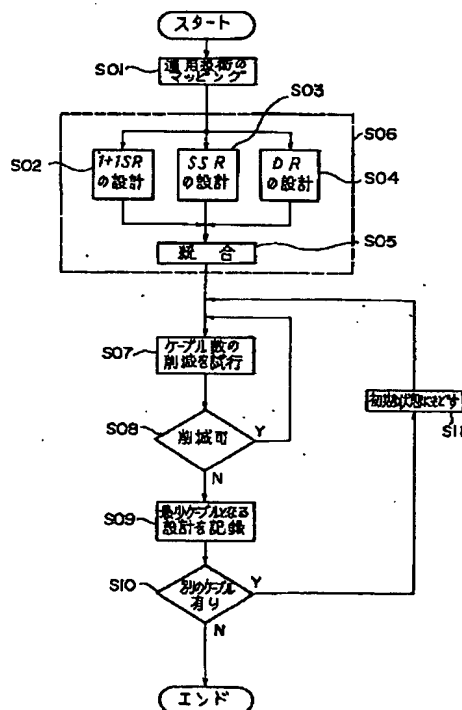
(21)出願番号	特願平3-341592	(71)出願人	000004237
(22)出願日	平成3年(1991)12月25日		日本電気株式会社
			東京都港区芝五丁目7番1号
(31)優先権主張番号	特願平3-54150	(72)発明者	岡ノ上 安代
(32)優先日	平3(1991)1月30日		東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株
(33)優先権主張国	日本(J P)		式会社内
(31)優先権主張番号	特願平3-189089	(74)代理人	弁理士 岩佐 義幸
(32)優先日	平3(1991)7月30日		
(33)優先権主張国	日本(J P)		

(54)【発明の名称】 統合型セルフヒーリングネットワーク及び設計方式

(57)【要約】

【目的】 種々のトラヒックの持つ信頼性要求を満足しかつネットワークコストを最小とするセルフヒーリングを可能とする。

【構成】 要求する信頼性種別に基づいて個々のトラヒックにどのセルフヒーリング技術を適用するかを決定し、1+1SR方式の適用に分類されたトラヒックについてサブネットワーク1を設計し、SSR方式の適用に分類されたトラヒックについてはサブネットワーク2を設計し、DR方式の適用に分類されたトラヒックについてはサブネットワーク3を設計し、設計アルゴリズムの初期状態を最適化されたサブネットワーク1、2、3の重ね合わせによる準最適解とし、初期状態から運用ルートや予備ルートを逐次変化させながら使用ケーブルの絶対量が最小となる設計を試行し、ネットワーク全体のコストを最小とする統合型セルフヒーリングネットワークを構成する。



Best Available Copy

【特許請求の範囲】

【請求項1】複数のインテリジェント機器と簡易機器を構成要素とし様々な信頼性要求を持つユーザーに通信サービスを提供するネットワークにおいて、まず要求する信頼性種別に基づいて個々のトラヒックにどのセルフヒーリング技術を適用するかを決定し、前記信頼性種別には障害回復の高速性と多重障害時にも復旧可能な強靱性とダイナミックな再構成制御を考慮した柔軟性があり、前記セルフヒーリング技術には(1+1SR)方式とSSR方式とDR方式があり、前記簡易機器はDR方式の起動が不可能であるため簡易機器を終端ノードとするトラヒックに対しては(1+1SR)方式あるいはSSR方式の適用を選択し、高速性を要求するトラヒックに対しては(1+1SR)方式を、準高速性を要求するトラヒックに対してはSSR方式を選択し、柔軟性を要求するトラヒックにはDR方式を選択し、強靱性を要求するトラヒックで(1+1SR)あるいはSSR方式の適用が必要なものにはさらにDR方式の適用も選択し、(1+1SR)方式の適用に分類されたトラヒックについて個々に使用帯域を最小とするリングを割り当ててサブネットワーク1を設計し、前記リングは運用ルートと予備ルートから成り、SSR方式の適用に分類されたトラヒックについては帯域の総和が最小となるような運用ルート並びに複数の運用ルートでシェアされる予備リングを割り当ててサブネットワーク2を設計し、DR方式の適用に分類されたトラヒックについては帯域の総和が最小となるような運用ルート並びに複数の運用ルートでシェアされる予備帯域を割り当ててサブネットワーク3を設計し、設計アルゴリズムの初期状態を最適化された該サブネットワーク1、2、3の重ね合わせによる準最適解とし、初期状態から運用ルートや予備ルートを逐次変化させながら使用ケーブルの絶対量が最小となる設計を試行し、ネットワーク全体のコストを最小とするネットワークを構成することを特徴とする統合型セルフヒーリングネットワーク設計方式。

【請求項2】複数のインテリジェント機器と簡易機器を構成要素とし様々な信頼性要求を持つユーザーに通信サービスを提供するネットワークにおいて、個々の運用回線は必要な信頼性要素の種別と回線を形成するノードの機器種別によって予め適用されるセルフヒーリング技術が設定されており、前記信頼性要素種別には障害回復処理の高速性と多重障害時にも復旧可能な強靱性とダイナミックな再構成制御を考慮した柔軟性があり、前記機器種別とは前記インテリジェント機器と前記簡易機器を意味し、前記インテリジェント機器とはクロスコネク機能や分散管理可能な制御部を有するノードを指し、前記簡易機器とは高速伝送路2本の中継機能やアッド/ドロップ機能を有するノードを指し、前記セルフヒーリング技術には(1+1SR)方式とSSR方式とDR方式があり、ネットワークに障害が発生した場合に、(1+1

SR)方式が適用された回線には受信ノードで受信信号を予備ルート側に切り替える処理が実行され、予備ルートは予め障害回復用の予備として設定され常時アクティブ状態であり、SSR方式が適用された回線には障害を受けた伝送路の両端ノードで信号を予め決められた予備ルートに切り替える処理が実行され、予備ルートは伝送路以外の障害パターンにも使用され、DR方式が適用された回線には障害を受けた伝送路の両端ノードを第1及び第2のノードとすると、第1及び第2のノードがSENDERあるいはCHOOSEERとなり、第1及び第2のノードを除く第3のノードを介して分散制御メッセージのやり取りに基づく迂回路探索処理及び迂回路への切り替え処理が実行され、障害回線が適用方式毎の異なるメカニズムで復旧されることを特徴とする統合型セルフヒーリングネットワーク。

【請求項3】機器種別と機器の接続関係が定義された物理的ネットワーク上に、セルフヒーリング技術として

(1+1SR)方式の適用が決まったデマンドを満たす論理的ネットワークを設計する場合において、前記機器種別とはインテリジェント機器と簡易機器を意味し、リングが通過する伝送路の数をホップ数として、まず1つのデマンドについて2つの終端ノードを含むリングの中からホップ数が最小となるリングを選択し、リングはデマンドの運用ルートと予備ルートを構成するものであり、リングが1つに限られる場合にはこのリングを設定する処理1を実行し、処理1は全てのデマンドについて繰り返し実行し、次に処理1でリングの設定が行われなかったデマンドについて、複数の最小ホップ数のリングのうち経路上で最大使用帯域が最も小さい伝送路を通過しているリングを選択してこのリングを設定する処理2を実行し、処理1でリングの設定が行われなかった全てのデマンドについて処理2を繰り返し実行することで、(1+1SR)方式によるセルフヒーリングネットワークが設計されることを特徴とする(1+1SR)設計方式。

【請求項4】機器種別と機器の接続関係が定義された物理的ネットワーク上に、セルフヒーリング技術としてSSR方式の適用が決まったデマンドを満たす論理的ネットワークを設計する場合において、前記機器種別とはインテリジェント機器と簡易機器を意味し、第1のフェーズでは運用ルートの設定、第2のフェーズでは予備リングの設定を行うものとし、まず第1のフェーズでは、ルートあるいはリングが通過する伝送路の数をホップ数とし、1つめのデマンドについて2つの終端ノード間でホップ数が最小となるルートを選択し、このルートが1つに限られる場合にはこのルートを運用ルートとして設定する処理1を実行し、処理1は全てのデマンドについて繰り返し実行し、さらに処理1で運用ルートの設定が行われなかったデマンドについて複数の最小ホップ数のルートのうち経路上で最大使用帯域が最も小さい伝送路を

3

通過しているルートを選択して運用ルートを設定する処理2を実行し、処理1で運用ルートの設定が行われなかった全てのデマンドについて処理2を繰り返し実行することで全デマンドの運用ルートの設定が終了し、第2のフェーズでは、設定された運用ルートの中からホップ数が最大である運用ルートを検索して、この運用ルートを経路に含みかつホップ数を最小とする予備リングを設定し、次に残りの運用ルートの中からホップ数が最大である運用ルートを検索し、この運用ルートを各接続ノードで区切った単位ルート1つ1つに対して障害回復のための迂回路を設定する場合に、すでに設定された予備リングを前記運用ルートの各単位ルートの迂回路として共用可能であるか否かを判断し、前記迂回路は単位ルートの両端ノードを経路に含む予備リングによって形成されるものとし、もしすでに設定された予備リングで迂回路を形成できない単位ルートがあれば、この単位ルートを経路に含みホップ数を最小とする予備リングを設定する処理3を実行し、処理3を全ての運用ルートに予備リングが割り当てられるまで実行することでSSR方式によるセルフヒーリングネットワークが設計されることを特徴とするSSR設計方式。

【請求項5】機器種別と機器の接続関係が定義された物理的ネットワーク上に、セルフヒーリング技術としてDR方式の適用が決まったデマンドを満たす論理的ネットワークの設計を行う場合において、前記機器種別とはインテリジェント機器と簡易機器を意味し、第1のフェーズではデマンドを満たす回線の終端ノード間の帯域を運用ルートとすると、全てのデマンドの運用ルートの設定を行い、第2のフェーズでは迂回路に用いる予備帯域の設定を行うものとし、まず第1のフェーズでは、ルートが通過する伝送路の数をホップ数として1つのデマンドについて2つの終端ノード間でホップ数が最小となるルートを選択し、このルートが1つに限られる場合にはこのルートを運用ルートとして設定する処理1を実行し、処理1は全てのデマンドについて繰り返し実行し、次に処理1で運用ルートの設定が行われなかったデマンドについて複数の最小ホップ数のルートのうち経路上で最大使用帯域が最も小さい伝送路を通過しているルートを選択して運用ルートを設定する処理2を実行し、処理2を処理1で運用ルートの設定が行われなかった全てのデマンドについて繰り返し実行することで全てのデマンドの運用ルートの設定が終了し、次に第2のフェーズではネットワーク内の伝送路数をM本とすると、m番目の伝送路を通過する運用ルート数を $W_0(m)$ とし、伝送路を通過する予備リング数を $r_1(m)$ とし、予備リングとはセルフヒーリング技術であるシェアドスタティックリング(SSR)方式に基いて設計された障害迂回路用の予備リングであり、伝送路を通らず両端ノードを通過する予備リング数を $r(m)$ とし、伝送路中のSSR方式に基づく運用ルートの数を $r_3(m)$ とし、 $W_0(m)$

4

から $r_1(m)$ と $r_2(m)$ を2倍した数を引きさらに $r_3(m)$ を加えて求めた数を $W(m)$ とし、 $W(m)$ は伝送路に障害が発生した場合に予備リングを用いて迂回路を形成することができない運用ルートの数であり、 $W(m)$ を求める処理はネットワーク内の全ての伝送路について繰り返し実行され、次に各伝送路中の使用チャネル数を $W(m)$ ($1 \leq m \leq M$)としてネットワークの各伝送路に予備チャネルを割り当てることを特徴とするDR設計方式。

【請求項6】複数のインテリジェント機器と簡易機器を構成要素とし様々な信頼性要求を持つカスタマに通信サービスを提供するネットワークにおいて、デマンド毎に要求する信頼性要素の種別と終端ノードの機器種別によって予め適用するセルフヒーリング技術を設定し、前記信頼性要素種別には障害回復処理の高速性と多重障害時にも復旧可能な強靱性とダイナミックな再構成制御を考慮した柔軟性があり、前記機器種別とは前記インテリジェント機器と前記簡易機器を意味し、前記インテリジェント機器とはクロスコネクト機能や分散管理可能な制御部を有するノードを指し、前記簡易機器とは伝送路間の中継機能やアッド/ドロップ機能を有するノードを指し、前記セルフヒーリング技術には(1+1SR)方式とSSR方式とDR方式があり、前記(1+1SR)方式の適用が決定されたデマンドについてリングを割り当ててサブネットワーク1を設計し、前記リングとは運用ルートと予備ルートから成り、前記SSR方式の適用に分類されたデマンドについては運用ルート並びに複数の運用ルートで共用される予備リングを割り当ててサブネットワーク2を設計し、前記DR方式の適用に分類されたデマンドについては運用ルートの設計並びにSSR方式における予備リングを迂回路の予備ルートとして使用できない運用ルートに対してのみ予備帯域を割り当ててサブネットワーク3を設計し、次にサブネットワーク1, 2, 3を物理的ネットワーク上に重ね合わせることでネットワークが構成され、実際にネットワークに障害が発生した場合には、前記(1+1SR)方式が適用された回線には受信ノードで信号を予備ルート側に切り替える処理が実行され、前記SSR方式が適用された回線には障害伝送路の両端ノードで予め迂回路として割り当てられた予備リングの片側ルートに切り替える処理が実行され、前記DR方式が適用された回線には障害を受けた伝送路の両端ノードを第1及び第2のノードとすると、第1及び第2のノードが、DR方式用に予め割り当てられた予備帯域やSSR方式用に予め割り当てられた予備リングのうち伝送路障害で使用されない予備リングを用いて、分散制御メッセージのやり取りに基づく迂回路探索処理及び迂回路への切り替え処理が実行されて障害が復旧されることを特徴とする統合型セルフヒーリングネットワーク設計制御方式。

【請求項7】複数のインテリジェント機器と簡易機器を

5

構成要素とし様々な信頼性要求条件を持つカスタマに通信サービスを提供するネットワークにおいて、まず要求する信頼性種別に基いて個々のデマンドにどのセルフヒーリング技術を適用するかを決定し、前記信頼性種別には障害回復の高速性と多重障害時にも復旧可能な強靱性とダイナミックな再構成制御を考慮した柔軟性があり、前記セルフヒーリング技術には(1+1SR)方式とSSR方式とDR方式があり、前記簡易機器は前記DR方式の起動が不可能であるため簡易機器を終端ノードとするデマンドに対しては(1+1SR)方式あるいはSSR方式の適用が選択され、高速性を要求するデマンドに対しては(1+1SR)方式が、準高速性を要求するデマンドに対してはSSR方式が選択され、柔軟性を要求するデマンドにはDR方式が選択され、強靱性を要求するデマンドで(1+1SR)あるいはSSR方式の適用が必要なものにはさらにDR方式の適用も選択し、前記(1+1SR)方式の適用に分類されたデマンドについてリングを割り当ててサブネットワーク1を設計し、リングとは運用ルートと予備ルートから成り、前記SSR方式の適用に分類されたデマンドについては運用ルート並びに複数の運用ルートで共用される予備リングを割り当ててサブネットワーク2を設計し、前記DR方式の適用に分類されたデマンドについては運用ルートの設計並びにSSR方式における予備リングを迂回用の予備ルートとして共用できない運用ルートに対し予備帯域を割り当ててサブネットワーク3を設計し、次にサブネットワーク1, 2, 3を物理的ネットワーク上に重ね合わせることで構成されることを特徴とする統合型セルフヒーリングネットワーク設計方式。

【請求項8】複数のインテリジェント機器と簡易機器を構成要素とし様々な信頼性要求を持つユーザーに通信サービスを提供するネットワークに伝送路障害が発生した場合において、1+1SR方式に基いて設計されたデマンドの両終端ノードは障害を検出すると自動的に受信インタフェースを運用ルートから予備ルート側に切り替える処理1を実行し、障害を受けた伝送路の両端ノードを第1及び第2のノードとすると、第1及び第2のノードは処理1とは独立した処理として、SSR方式が適用されて設計された回線については予め迂回路用に割り当てられている予備リングの片側ルートに運用ルートを切り替える処理2を実行し、DR方式が適用されて設計された回線については、2種のヘルプメッセージを第1のヘルプメッセージ及び第2のヘルプメッセージとすると、第1のノードは第1のヘルプメッセージをSSR方式が使用されない全ての予備リング上に送出すると共に第2のヘルプメッセージをDR方式用に割り当てられた予備チャンネルを有する全ての伝送路に送出し、第1のヘルプメッセージは少なくとも障害伝送路の識別子と予備リングの識別子を有し、第2のヘルプメッセージは少なくとも障害伝送路の識別子と通過してきたノード数を示すホ

6

ップカウントと通過してきた伝送路の最小予備帯域の制御情報1を有し、第1及び第2のノードを除く第3のノードは第1のヘルプメッセージを受信すると予備リングを接続する次のノードに第1のヘルプメッセージを転送し、第2のヘルプメッセージを受信した場合にはメッセージ受信記録を行うと共に前記ホップカウントが予め定められた値以下であれば前記制御情報1を更新して予備チャンネルを有する隣接ノードに第2のヘルプメッセージを転送し、第2のノードでは第1のヘルプメッセージを受信すると第1のヘルプメッセージでトレースされた予備リング上のルートに障害チャンネルをスイッチすると共に、2種のリンクメッセージを第1のリンクメッセージ及び第2のリンクメッセージとすると、第1のリンクメッセージを返送する処理3を実行し、第2のヘルプメッセージを受信した場合には第2のヘルプメッセージが送られてきた伝送路に接続されているノードに対してリターンメッセージを送出する処理4を実行し、処理3及び4は第1のリンクメッセージとリターンメッセージを合わせて障害チャンネル数分送出するまで続けられ、第3のノードでは前記第1のリンクメッセージを受信すると次の接続ノードに第1のリンクメッセージを転送し、前記リターンメッセージを受信した場合には格納されている前記第2のヘルプメッセージ受信記録から予備帯域を有する接続伝送路の内で最小ホップで第1のノードに達する隣接ノードを選択し、このノードに対してリターンメッセージを転送し、予備帯域を有する接続伝送路が無ければリターンメッセージを送ってきたノードに対してネガティブアックメッセージを返し、このネガティブアックメッセージを受信したノードでは再度別の経路を探索することで形成可能な迂回路を選択し、他方第1のノードでは、第1のリンクメッセージを受信する毎に障害チャンネルを迂回路に切り替え、またリターンメッセージを受信する毎に、リターンパケットにより選択された迂回路1にまだ迂回路を割り当てられていない障害チャンネルをスイッチして第2のリンクメッセージを迂回路1を通して第2のノードに送り返し、迂回路1上の各ノードでは該第2のリンクメッセージを受信するとスイッチを制御して迂回路を接続し、第2のノードで前記リンクメッセージを受信すると同様に障害チャンネルを迂回路にスイッチすることで逐次障害迂回路が形成されることを特徴とする統合型セルフヒーリングネットワーク制御方式。

【請求項9】インテリジェント機器(DCS)と簡易機器(ADM)が混在し種々の通信サービスを提供する通信ネットワークにおいて、全ての回線を終端ノードの機器種別によって、“ADM-ADM”終端タイプと“ADM-DCS”終端タイプと“DCS-DCS”終端タイプに分類し、“ADM-ADM”終端タイプの回線で経路上に2つ以上のDCSがある場合には、その回線を各終端ノードに近い2つのDCSで2つのDCS間のDCS-DCS部分回線と外側のADM-DCS部分回線

に区分し、経路上に2つ以上のDCSがない場合には、回線自体をADM-ADM部分回線とし、前記“ADM-DCS”終端タイプの回線でDCS終端ノード以外にDCSがある場合には、その回線をADM終端ノードに最も近いDCSでDCS-DCS部分回線とADM-DCS部分回線に区分し、DCSを中継ノードに持たない場合には回線自体をADM-DCS部分回線とし、前記“DCS-DCS”終端タイプの回線は回線自体をDCS-DCS部分回線とし、ネットワークのセルフヒーリング技術にはSSR方式とDR方式があり、前記ADMが単純な機構で2伝送路間の中継及びアッド/ドロップをするにすぎないのに対し、前記DCSは多伝送路間の信号のクロスコネクト機能を有しかつ分散管理可能な制御部によりDR方式の制御が可能であることから、前記DCS-DCS部分回線にはDR方式を適用するものとし復旧に要する予備チャネルを設定しておき、前記ADM-DCS部分回線と前記ADM-ADM部分回線にはSSR方式を提供するものとして復旧に要する予備リングを設定すると共に、障害時にどの予備リングに迂回するかを示す迂回マップを作成し、ネットワークの運用中に前記DCS-DCS部分回線の経路上に障害が発生するとDCS-DCS部分回線の両端ノードの一方がSENDER、他方がCHOOSERとなってDRの回線端回復方式を起動してSENDERとCHOOSER間に迂回路を形成し、また前記ADM-DCS部分回線あるいは前記ADM-ADM部分回線に障害が発生した場合は障害ラインの両端ノードで迂回マップに従ってリングへの切り替え処理を実行して障害が復旧されることを特徴とする統合型セルフヒーリング方式。

【請求項10】インテリジェント機器（DCS）と簡易機器（ADM）が混在し種々の通信サービスを提供する通信ネットワークにおいて、全ての回線は終端ノードの機器種別によって“ADM-ADM”終端タイプと“ADM-DCS”終端タイプと“DCS-DCS”終端タイプに分類され、“ADM-ADM”終端タイプの回線で経路上に2つ以上のDCSがある場合には、その回線を各終端ノードに近い2つのDCSで2つのDCS間のDCS-DCS部分回線と外側のADM-DCS部分回線に区分され、経路上に2つ以上のDCSがない場合には、その回線自体がADM-ADM部分回線となり、DCS-DCS部分回線はDR方式で、ADM-DCS部分回線とADM-ADM部分回線はSSR方式で障害復旧制御を行うものとし、前記“ADM-DCS”終端タイプの回線でDCS終端ノード以外にDCSがある場合には、その回線はADM終端ノードに最も近いDCSでDCS-DCS部分回線とADM-DCS部分回線に区分され、DCSを中継ノードに持たない場合には、その回線自体がADM-DCS部分回線となり、前記“DCS-DCS”終端タイプの回線は回線自体がDCS-DCS部分回線となることから、DCSノードは、前記D

CS-DCS部分回線及び前記ADM-DCS部分回線及び前記ADM-ADM部分回線の中継あるいは終端する機能を有し、ラインを終端するライン終端装置にてデータはクロスコネクト回路に、DR制御用メッセージはメッセージ処理回路に、アラーム信号はアラーム処理部に配送し、前記クロスコネクト回路は内蔵するRAMに保持しているクロスコネクトマップを基にデータをクロスコネクトする機能を有し、またDRやSSRの復旧制御結果からクロスコネクトの変更を指示された場合にはクロスコネクト状態を変更することが可能であり、前記メッセージ処理回路は、前記ライン終端装置で抽出された前記DR制御用メッセージをDRアルゴリズム部に転送すると共に、このDRアルゴリズム部で生成されたDR制御用メッセージを前記ライン終端装置に分配し、前記アラーム処理部では、発生したアラーム信号がP-AISやLOS、あるいはL-AISであり、かつアラーム信号がDCS-DCS部分回線から受信されたならば、DCS-DCS部分回線にはDR方式が適用されることからアラーム信号を前記DRアルゴリズム部に通知し、アラーム信号がLOSあるいはL-AISでかつアラーム信号がADM-DCSあるいはADM-ADM部分回線に関するものならば、ADM-ADM及びADM-DCS部分回線にはSSR方式が適用されることからSSR迂回マップ群の中からそのアラームに対応した迂回マップを選択し、その迂回マップで指示された予備リングに切り替えるためのスイッチ差分情報を前記クロスコネクト回路に転送する処理を実行し、SSR迂回マップ群とは、SSR方式固有の障害復旧用切り替えマップであり、前記DRアルゴリズム部はDCS-DCS部分回線に関して、自ノードがDRのトリガノードであるか、即ちSENDERであるのかCHOOSERであるのか、またそれ以外の中継ノードなのか、を定義するプロビジョニングデータを有し、実際に前記DRアルゴリズム部では回線アラームを受信すると障害回線に対応するプロビジョニングデータを検索し、自ノードがSENDERと定義されていたらDR回線端方式におけるSENDERとしての処理を実行し、また前記メッセージ処理回路からDR制御メッセージを受信すると、このメッセージの内容に応じたアルゴリズムを実行し、その際、送出すべきDR制御メッセージが発生した場合には転送先アドレスを付与したDR制御メッセージをメッセージ処理回路に転送し、特に迂回路の接続処理や迂回路への切り替え処理が発生した場合にはスイッチ差分情報を前記クロスコネクト回路に転送して迂回路への切り替えを実行することでDR方式とSSR方式の組み合わせ制御を行うことを特徴とする統合型セルフヒーリング装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、複数のノードで構成されるネットワーク通信におけるリンク障害時の障害回復

処理に関し、特に種々の信頼性要求を持つトラヒックの分散制御方式における自律分散型の障害回復（以下、セルフヒーリングと言う）処理に関する。

【0002】本発明はまた、特に種々の信頼性要求を持つ回線設定要求（以下、デマンドと言う）の分散制御方式におけるセルフヒーリング処理に関する。

【0003】本発明はまた、機能の異なる種々の伝送機器が混在するネットワークにおける障害発生時の障害回復処理に関する。

【0004】

【従来の技術】従来、この種の障害回復には、特性の異なるメカニズムとして大きく分けると、1+1 Static Ring (1+1SR) 方式、Shared Static Ring (SSR) 方式、Dynamic Ring (DR) 方式の3つが個々に存在する。これらの方式は、以下に記述するような様々な特長や制約条件を持つ。

【0005】まず、トラヒックの分散制御方式に関連して説明する。

【0006】1+1SR方式では、異なる経路に予備ルートを用意しトラヒックの送信端では常に同一信号を両ルートに送出しておく。受信端では通常は現用ルートからの信号を受信するが、障害発生時には予備ルートからの信号を受信するように切り替えることで復旧を図る。制御は簡単であり高速な回復が実現できる。しかし、現用回線毎に予備ルートが固定的に設定されるので現用回線の2倍以上の伝送路容量を必要とし、かつ柔軟性に欠けるという問題がある。

【0007】SSR方式では、複数の現用ルートに対して1つのプロテクション用リングを設定しておく。ネットワーク内の全ての伝送路障害を想定して複数のプロテクション用リングを用意して置き、障害が発生すると予め決められたプロテクションルートに切り替えて復旧を図る。SSRでは複数の障害パターンで予備を共有するため1+1SRに比して伝送路容量の節約が図れる。また予備ルートへの切り替えは障害の両端ノードに限られるため比較的高速回復が期待できる。この方式として以下の方式が発表されている。

(a) T. Flanagan, "Principles and Technologies for Planning Survivability - A Metropolitan Case Study", Proceeding of Globecom' 89, Dec. 1989.

DR方式では、障害が発生してからネットワーク内の各分散ノードが自律的にメッセージのやり取りを行うことで迂回路を探索し、ダイナミックにリングを形成して障害復旧を行う。この方式は柔軟性に富み、可能な限りのトラヒックで予備を共有できるためケーブル容量の節約度が最も高い。さらに、ダイナミックに迂回路を探索す

るので、多重障害に対する耐性が強いという特長もある。しかし障害検出やメッセージの受信等のイベントが発生すると、各ノードはそれに対応した制御を行わなければならないため、この方式は適用環境をインテリジェント機器で構成されるネットワークに制約される。またこの方式は上記2つの方式より復旧に時間を要する。この方式として以下の方式が発表されている。

(b) W. D. Grover, "THE SELFHEALING™ NETWORK", Proceeding of Globecom' 87, Nov. 1987.

(c) H. C. Yang and S. Hasegawa, "FITNESS: FAILURE IMMUNIZATION TECHNOLOGY FOR NETWORK SERVICE SURVIVABILITY", Proceeding of Globecom' 88, Dec. 1988.

(d) H. R. Amirazizi, "CONTROLLING SYNCHRONOUS NETWORKS WITH DIGITAL CROSS-CONNECT SYSTEMS" Proceeding of Globecom' 88, Dec. 1988.

(e) H. Sakauchi, "A Self-healing Network with an Economical Spare-Channel Assignment", Proceeding of Globecom' 90, Dec. 1990.

次に、デマンドの分散制御方式に関連して説明する。

【0008】1+1SR方式では、異なる経路に予備ルートを用意しデマンドの送信端では常に同一信号を両ルートに送出しておく。受信端では通常は現用ルートからの信号を受信するが、障害発生時には予備ルートからの信号を受信するように切り替えることで復旧を図る。制御は簡単であり高速な回復が実現できる。しかし、現用回線毎に予備ルートが固定的に設定されるので現用回線の2倍以上の伝送路容量を必要とし、かつ柔軟性に欠けるという問題がある。

【0009】SSR方式では、複数の現用ルートに対して1つのリング状に接続された予備帯域（以下、予備リングと言う）を設定しておく。ネットワーク内の全ての伝送路障害を想定して複数の予備リングを用意しておき、障害が発生すると予め決められた予備ルートに切り替えて復旧を図る。SSRでは複数の障害パターンで予備を共有するため1+1SRに比して伝送路容量の節約が図れる。また予備ルートへの切り替えは障害の両端ノードに限られるため比較的高速回復が期待できる。この方式として前記(a)の方式が発表されている。

【0010】DR方式では、障害が発生してからネットワーク内の各分散ノードが自律的にメッセージのやり取りを行うことで迂回路を探索し、ダイナミックにリング

を形成して障害復旧を行う。この方式は柔軟性に富み、可能な限りのデマンドで予備を共有できるためケーブル容量の節約度が最も高い。さらに、ダイナミックに迂回路を探索するので、多重障害に対する耐性が強いという特長もある。しかし障害検出やメッセージの受信等のイベントが発生すると、各ノードはそれに対応した制御を行わなければならないため、この方式は適用環境をインテリジェント機器で構成されるネットワークに制約される。またこの方式は上記2つの方式より復旧に時間を要する。この方式として前記(b), (c), (d), (e)の方式が発表されている。

【0011】以上3つのセルフヒーリング技術を用いたハイブリッド型のレストレーション技術を提案するものとして以下が発表されている。設計ポイントとして障害の復旧時間やネットワークの経済性、成長性、管理があげられているが、具体的な設計手法や制御に関しては全く述べられていない。

(f) Fred Ellefson, "MIGRATION OF FAULTTOLERANT NETWORKS", Proceeding of Globecom'90, Dec. 1990.

次に、機能の異なる種々の伝送機器が混在するネットワークにおける障害発生の障害回復処理に関連して説明する。

【0012】SSR方式では、リング状に接続された予備リングを予め設定しておく。各ノードでは、接続ラインの障害時に不通となる回線を障害ライン端で迂回して復旧するための迂回情報(迂回マップ)を用意しておく。迂回マップには、障害時に迂回ルートとする予備リングが回線毎に設定される。そして障害発生時には、ラインの両端ノードで、迂回マップに示される予備リングに切り替える処理が実行される。通常、簡易機器(例えばSONETではADMやLTE)で構成されるリング型ネットワークに適用される。この方式を説明する文献として前記(a)に挙げた文献と、下記の文献とがある。

(g) J. Baroni, "SONET Line Protection Switched Ring APS Protocol" T1X1.5/91-026, 1991.

DR方式では、障害が発生してからネットワーク内の各分散ノードが自律的にメッセージのやり取りを行うことで迂回路を探索し、ダイナミックに迂回路を形成して障害復旧を行う。この方式は柔軟性に富み、可能な限り多くのデマンドで予備を共有できるためケーブル容量の節約度が高い。さらに、動的に迂回路を探索するので、多重障害に対する耐性が強いという特長もある。しかし、障害検出やメッセージの受信等のイベントが発生すると、各ノードはそれに対応した制御を行わなければならないため、この方式は適用環境をインテリジェント機器

(例えばSONETではDCS等のクロスコネクタ装置)で構成されるネットワークに制約される。この方式として前記(b), (c), (d), (e)の方式が発表されている。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】実ネットワークは、経済性を考え全てインテリジェント機器で構成されているとは限らない。また、種々の要求条件を持つユーザトラヒックが存在する。また、種々の要求条件を持つデマンドが存在する。

【0014】本発明の目的は、上述した3種の技術を単体で適用した場合に、ユーザトラヒックが持つ信頼性に関する種々の要求を満足できないという問題を解決することにある。

【0015】本発明の他の目的は、上述した3種の技術を単体で適用した場合に、デマンドが持つ信頼性に関する種々の要求を満足できないという問題を解決することにある。

【0016】またDR方式は、適用環境をインテリジェント機器(SONETではDCS(Digital Cross-Connect Systems)等のクロスコネクタ装置)に制約される。しかし実ネットワークは、経済性を考え全てインテリジェント機器で構成されているとは限らない。よって簡易機器(SONETではADM(Add-Drop Multiplex))が混在する実ネットワークにおいては、DCSを両終端ノードとする回線しかDRが適用できないため、ネットワークの信頼性に限界があった。また、全てにSSRを適用しようとする場合、多くの予備帯域を必要とし、かつ柔軟性に欠けるという問題があった。

【0017】本発明のさらに他の目的は、簡易機器の混在する環境下において、DR方式の適用範囲を拡大してネットワークの経済性を向上させると共に、DR方式の適用ができない部分回線についてはSSR方式を適用することでネットワークの完全セルフヒーリング化による信頼性向上を図ることにある。

【0018】

【課題を解決するための手段】本発明によると、様々な信頼性要求を持つユーザーに通信サービスを提供するネットワークにおいて、個々の運用回線は必要な信頼性要素の種別と回線を形成するノードの機器種別によって予め適用されるセルフヒーリング技術が設定されており、信頼性要素種別には障害回復処理の高速性と多重障害時にも復旧可能な強靱性とダイナミックな再構成制御を考慮した柔軟性があり、機器種別にはインテリジェント機器と簡易機器があり、インテリジェント機器とはクロスコネクタ機能や分散管理可能な制御部を有するノードを指し、簡易機器とは高速伝送路2本の中継機能やアッド/ドロップ機能を有するノードを指し、セルフヒーリング技術には1+1 Static Ring(1+1S

R)方式とShared Static Ring (SSR)方式とDynamic Ring (DR)方式があり、ネットワークに障害が発生した場合に、(1+1SR)方式が適用された回線には受信ノードで受信信号を予備ルート側に切り替える処理が実行され、予備ルートは予め障害回復用の予備として設定され常時アクティブ状態であり、SSR方式が適用された回線には障害を受けた伝送路の両端ノードで信号を予め決められた予備ルートに切り替える処理が実行され、予備ルートはその伝送路以外の障害パターンにも使用が可能であり、DR方式が適用された回線には障害を受けた伝送路の両端ノードを第1及び第2のノードとすると、第1及び第2のノードがSENDERあるいはCHOOSEERとなり、第1及び第2のノードを除く第3のノードを介して分散制御メッセージをやり取りに基づく迂回路探索処理及び迂回路への切り替え処理が実行され、障害回線が適用方式毎の異なるメカニズムで復旧されることを特徴とする統合型セルフヒーリングネットワーク及び設計方式が得られる。

【0019】また本発明によると、複数のインテリジェント機器と簡易機器を構成要素とし様々な信頼性要求を持つカスタムに通信サービスを提供するネットワークにおいて、デマンド毎に要求する信頼性要素の種別と終端ノードの機器種別によって予め適用するセルフヒーリング技術を設定し、信頼性要素種別には障害回復処理の高速性と多重障害時にも復旧可能な強靱性とダイナミックな再構成制御を考慮した柔軟性があり、機器種別とはインテリジェント機器と簡易機器を意味し、インテリジェント機器とはクロスコネク機能や分散管理可能な制御部を有するノードを指し、簡易機器とは伝送路間の中継機能やアッド/ドロップ機能を有するノードを指し、セルフヒーリング技術には1+1SR方式とSSR方式とDR方式があり、1+1SR方式の適用が決定されたデマンドについてリングを割り当ててサブネットワーク1を設計し、リングとは運用ルートと予備ルートから成り、SSR方式の適用に分類されたデマンドについては運用ルート並びに複数の運用ルートで共用される予備リングを割り当ててサブネットワーク2を設計し、DR方式の適用に分類されたデマンドについては運用ルートの設計並びにSSR方式における予備リングを迂回用の予備ルートとして使用できない運用ルートに対してのみ予備帯域を割り当ててサブネットワーク3を設計し、次にサブネットワーク1, 2, 3を物理的ネットワーク上に重ね合わせることでネットワークが構成され、実際にネットワークに障害が発生した場合には、1+1SR方式が適用された回線には受信ノードで信号を予備ルート側に切り替える処理が実行され、SSR方式が適用された回線には障害伝送路の両端ノードで予め迂回路として割り当てられた予備リングの片側ルートに切り替える処理が実行され、DR方式が適用された回線には障害を受け

た伝送路の両端ノードを第1及び第2のノードとすると、第1及び第2のノードがSENDERあるいはCHOOSEERとなり、DR方式用に予め割り当てられた予備単位帯域（以下、単位帯域をチャンネルと言う）やSSR方式用に予め割り当てられた予備リングのうち伝送路障害で使用されない予備リングを用いて、分散制御メッセージのやり取りに基づく迂回路探索処理及び迂回路への切り替え処理が実行されて障害が復旧されることを特徴とする統合型セルフヒーリングネットワーク及び設計方式が得られる。

【0020】さらに本発明によると、インテリジェント機器(DCS)と簡易機器(ADM)が混在し種々の通信サービスを提供する通信ネットワークにおいて、全ての回線を終端ノードの機器種別によって、“ADM-ADM”終端タイプと“ADM-DCS”終端タイプと“DCS-DCS”終端タイプに分類し、“ADM-ADM”終端タイプの回線で経路上に2つ以上のDCSがある場合には、その回線を各終端ノードに近い2つのDCSで2つのDCS間のDCS-DCS部分回線と外側のADM-DCS部分回線に区分し、経路上に2つ以上のDCSがない場合には、回線自体をADM-ADM部分回線とし、前記“ADM-DCS”終端タイプの回線でDCS終端ノード以外にDCSがある場合には、その回線をADM終端ノードに最も近いDCSでDCS-DCS部分回線とADM-DCS部分回線に区分し、DCSを中継ノードに持たない場合には回線自体をADM-DCS部分回線とし、前記“DCS-DCS”終端タイプの回線は回線自体をDCS-DCS部分回線とし、ネットワークのセルフヒーリング技術にはSSR方式とDR方式があり、前記ADMが単純な機構で2伝送路間の信号の中継及びアッド/ドロップをするにすぎないのに対し、前記DCSは多伝送路間のクロスコネク機能を有しかつ分散管理可能な制御部によりDR方式の制御が可能であることから、前記DCS-DCS部分回線にはDR方式を適用するものとして復旧に要する予備チャンネルを設定しておき、前記ADM-DCS部分回線と前記ADM-ADM部分回線にはSSR方式を提供するものとして復旧に要する予備リングを設定すると共に、障害時にどの予備リングに迂回するかを示す迂回マップを作成し、ネットワークの運用中に前記DCS-DCS部分回線の経路上に障害が発生するとDCS-DCS部分回線の両端ノードの一方がSENDER、他方がCHOOSEERとなってDRの回線端回復方式を起動してSENDERとCHOOSEER間に迂回路を形成し、また前記ADM-DCS部分回線あるいは前記ADM-ADM部分回線に障害が発生した場合は障害ラインの両端ノードで迂回マップに従ってリングへの切り替え処理を実行して障害が復旧されることを特徴とする統合型セルフヒーリング方式及び装置が得られる。

【0021】

【実施例】次に本発明の一実施例として図面を参照して説明する。図1はネットワークのバックボーン（ノード種別と接続関係）とトラヒック（必要な信頼性要素種別の有無を含む）を前提として、統合型セルフヒーリングネットワークを設計する場合の処理フローである。上述した3種のセルフヒーリング技術はメカニズムの違いから性質が異なる。例えば高速障害回復には1+1SR方式が有効であり、多重障害に対する耐性や柔軟性にはDR方式が優れている。また経済性を予備容量に着目すればDR方式、機器コストに着目すれば1+1SR方式とSSR方式が有効である。さらにはDR方式では分散制御を行うためのアルゴリズムを起動するため、適用機器が分散管理可能な制御部を持つインテリジェント機器に制限される。このようなことを踏まえてステップS01では、与えられたラヒックにどのセルフヒーリング技術を適用するかをトラヒックの持つ要求条件と方式の持つ制約条件に基づいて決定する。そのマッピング基準の一例は以下である。

- (1) 簡易機器を終端ノードとする→1+1SR方式あるいはSSR方式
- (2) 高速性を要求する→1+1SR方式準高速性を要求する→SSR方式
- (3) 柔軟性を要求する→DR方式
- (4) 強靱性を要求する→DR方式を付加

次にステップS06において、トラヒックを適用技術の違いで分類し、その技術毎に独立に、使用帯域数を最小にすることを目的とした設計を行う。即ち1+1SR方式を適用するトラヒックについてサブネットワークの設計を行うステップS02では、明らかに最小リングが1つに限られるトラヒックについてリングを張り、次に同数のノードから構成される最小リングが複数パターンあるトラヒックについて、経路上で最大帯域が最も小さいルートを選択してリングを設計する。SSR方式によるサブネットワークの設計を行うステップS03では、同上のルールに従って運用ルートを仮設定し、次に可能な限り多くの運用ルートで1つのプロテクションリングを

シェアすることを考慮して運用ルートを変化させながら、運用ルートとプロテクションルートの帯域の総和が最小となるようなプロテクションリングを設計する。DR方式によるサブネットワークの設計を行うステップS04では、同様にして運用ルートを仮設定し、次に逐次運用ルートを変化させながら、ダイナミックな障害回復方式を考慮した予備帯域の割当てを行い、運用ルートと予備の帯域の総和が最小となるネットワークを設計する。そしてステップS05にて、3つのサブネットワークを統合する。即ち、初期状態を各々が最適化されたネットワークの合成からなる準最適解とする。ステップS07では最小量の帯域しか割り当てられていないケーブルに着目し、そこに割り当てられているトラヒックやプロテクションを逐次変化させながら、ケーブルの削除が可能となる設計を試行する。そしてステップS08で削除が可能であったか否かを判断し、もし削除可能であったならばステップS07で更にケーブルの削除を試行する。ステップS07とS08からなる処理をステップS08の判断によりケーブルの削除の限界まで繰り返す。ステップS09では設計されたネットワークを記録する。次にステップS10において最初に着目するケーブルを2番目に少ない帯域しか割り当てられていないケーブルに変更し、ステップS07及びS08の処理を行う。ステップS09では今回求めたケーブル数が前記記録されたケーブル数よりも小さかった場合に記録の更新を行う。さらにステップS10の判断に基づきステップS07からS11の処理を繰り返し実行することでトラヒックの信頼性を保証しつつケーブルコストを最小にすることを目的とする統合型セルフヒーリングネットワークを得る。

【0022】以下では例を用いて詳細を説明する。図2に示すバックボーンネットワーク上に表1のトラヒックを設計する場合を例とする。

【0023】

【表1】

自 - 至	回線数	高速性	柔軟性	強靱性	適用技術	
A - B	3				SSR	0 1
	1	○			1+1 SR	0 2
A - D	2				SSR	0 3
A - F	2				SSR	0 4
B - C	3		○		DR	0 5
B - E	3		○	○	DR	0 6
	2	△			SSR	0 7
B - F	7				DR	0 8
C - D	2				SSR	0 9
C - E	1	△		○	SSR + DR	1 0
C - F	2				DR	1 1
D - E	2				SSR	1 2
D - F	3				SSR	1 8
E - F	1	○			1+1 SR	1 4
	2				DR	1 5

【0024】図2においてノードA201とノードD204は簡易機器（例えばSONET: Synchronous Optical Networkでは、接続ケーブル数が2本に限られ、インテリジェントな制御部を持たないため非常に安価な機器としてADM: Add Drop Multiplexerがある）で構成され、それ以外のノードB202、C203、E205、F206はインテリジェント機器（例えばクロスコネクト機能及びインテリジェントな制御部を有する機器としてDCS: Digital Cross-connect Systemがある）で構成される。例では問題を簡易化するために、ノード間接続伝送路207～214のケーブルを600Mbps（12DS3を収容）に固定

し、全てのトラヒック容量をDS3とする。まずステップS01にて適用技術のマッピングを行う。例ではトラヒックNO. 01で示される3回線（以下トラヒック01）は簡易機器であるノードA201を終端ノードとしているためSSR方式の適用が決まる。1+1SR方式とSSR方式のどちらも適用が可能である場合は一意的にコストの節約が図れるSSR方式が選択される。トラヒック02及び14は信頼性要求として高速性があげられているため1+1SR方式を適用する。以下同様にしてトラヒックの持つ要求条件と方式の持つ制約条件から各トラヒックに対し表1に示すような適用技術が決定する。

【0025】次にステップS06において、トラヒック

を適用技術の違いで分類し、その技術毎に独立に、使用帯域数を最小にすることを目的としたサブネットワークの設計を行う。ステップS02では1+1SR方式を適用したトラヒック02と14の設計を行う。図3は設計結果を表し、トラヒック02はリング301、トラヒック14はリング302で構成される。リングの矢印の向きは運用回線の信号の方向性を示す。ステップS03ではSSR方式に基づきトラヒック01、03、04、07、09、10、12、13の設計を行う。明らかに最短ルートが決まるトラヒック01、04、09、10、12及び13のルートを仮設定し、次に最短ルートが複数パターンあるトラヒック03及び07について割当が少ないルートを選択して仮設定する。次に上述したルールに従って運用ルートを変化させながら運用ルートとプロテクションリングの帯域の総和が最小となるような設計を行う。この例ではトラヒック01（回線数3）の運用ルートを一回線分だけノードF206を中継するルートに変更することで図4に示すような設計結果を得る。図4において、トラヒック01の運用ルートは402及び406であり、トラヒック03の運用ルートは401、トラヒック04は407、トラヒック07は403及び408、トラヒック09は404、トラヒック10は405、トラヒック12は410、トラヒック13は409である。またプロテクションリングとして411、412、413及び414を設定する。ステップS04ではDR方式を適用するトラヒック05、06、08、10、11及び15の設計を行う。ここでトラヒック10は強靱性を必要とするためにSSR方式の他にDR方式が付加される。図5においてトラヒック05の運用ルートは503、トラヒック06は504及び502、トラヒック08は501、トラヒック10はSSR方式で既に設定された506、トラヒック11は505、トラヒック15は507である。予備帯域は伝送路207に3DS3、その他の伝送路に関しても図5に示す予備を設定する。ステップS05では3つのサブネットワークを重ね合わせる。その結果、図6に示すように伝送路207には12DS3で1ケーブル、伝送路208には18DS3で2ケーブル、その他の伝送路に関しても同様に決まる。次にステップS07以降ではヒューリスティックなフローに基づき、ネットワーク全体のケーブル数の削減を図る。

【0026】その結果、SSR方式によるトラヒックは図7に示すサブネットワーク、DR方式によるトラヒックは図8に示すサブネットワークのように割り当てられ、総ケーブル数は図9に示すように11本に削減される。なお図7において701～710はトラヒック、711～715はプロテクションリングを示し、図8において801～807はトラヒックを示している。

【0027】次に、本発明の統合型セルフヒーリングネットワークが実際に障害復旧を行う動作を説明する。本

発明においては、障害が発生した場合に起動するセルフヒーリング処理がトラヒック毎に各ノードで定められており、障害回線が適用方式毎の異なるメカニズムで復旧される。図10は動作を示す説明図である。図10において、ある伝送路に障害が発生するとステップS21の判断により、予め1+1SR方式が適用された回線にはステップS22において受信ノードで受信信号を予備ルート側に切り替える処理が実行され、SSR方式が適用された回線にはステップS23において予め決められたプロテクションリングに切り替える処理が実行され、DR方式が適用された回線にはステップS24において自律分散制御による障害復旧処理が実行される。例として、伝送路210に障害が発生した場合を説明する。伝送路210に障害が発生すると図3に示したトラヒック301及び302や図7に示したトラヒック706及び708、さらには図8に示したトラヒック801及び802が影響を受ける。しかしトラヒック301は、ノードA201において受信信号をプロテクション側に切り替えて図11に示す双方向ルート1102となり、同様にトラヒック302はルート1108となることで瞬時に復旧がなされる。また、トラヒック706は障害端ノードB202及びF206においてプロテクションリング712に切り替えられ、トラヒック708はプロテクションリング713に切り替えられて、各々図11に示すルート1103及び1105を構成して復旧する。さらに、トラヒック801及び802は図11に示すルート1101と1106と1104及び1107を迂回路とし復旧する。他の伝送路についても同様に復旧が図れる。

【0028】次に本発明の他の実施例として図面を参照して説明する。図12はネットワークのノード種別と接続関係とデマンド（必要な信頼性要素種別の有無を含む）を前提として、統合型セルフヒーリングネットワークを設計する場合の処理フローである。上述した3種のセルフヒーリング技術は、メカニズムの違いから性質が異なる。例えば高速障害回復には1+1SR方式が有効であり、多重障害に対する耐性や柔軟性にはDR方式が優れている。また経済性を予備容量に着目すればDR方式、機器コストに着目すれば1+1SR方式とSSR方式が有効である。さらにはDR方式では分散制御を行うためのアルゴリズムを起動するため、適用機器が分散管理可能な制御部を持つインテリジェント機器に制限される。このようなことを踏まえてステップS01では、与えられたデマンドにどのセルフヒーリング技術を適用するかをデマンドの持つ要求条件と方式の持つ制約条件に基づいて決定する。そのマッピング基準の一例は前記したマッピング基準と同じである。

【0029】次のフェーズでは、デマンドを適用技術の違いで分類し、その技術毎に独立に、論理的サブネットワークの設計を行う。即ちステップS02、S03、S

04で各々、1+1SR方式、SSR方式、DR方式を適用するデマンドについて論理的サブネットワークの設計を行う。そしてステップS05にて、3つのサブネットワークを物理的ネットワーク上に統合し、それを統合型セルフヒーリングネットワークとする。

【0030】ステップS02では具体的に図13で示されるフローに基いて1+1SRサブネットワークが設計される。図2に従いD1個のデマンドについて設定する場合に、ステップS10においてiを初期設定し、ステップS11ではi番目のデマンドについて運用ルートと予備ルートを構成するリングの中で最小のリングを選択する。次にステップS12により最小リングが複数存在するかどうかを判断し、もし存在するならば直接ステップS14へ、そうでなければステップS13へ進みリングを設定する。ステップS14ではiを1インクリメントし、ステップS11からS14までの処理をステップS15に従って、D1個の全てのデマンドについて行う。さらにステップS16ではまだリングが設定されていないデマンドについて、複数あった最小リングから通過路の最大使用帯域が最も小さいリングを選択し、設定する処理を行う。

【0031】ステップS03では具体的に図14で示されるフローに基いてSSRサブネットワークが設計される。図14に従いD2個のデマンドについて設定する場合に、ステップS20においてiを1に初期設定し、ステップS21ではi番目のデマンドについて終端ノード間に張る最小ホップの運用ルートを検索する。次にステップS22により最短ルートが複数存在するかどうかを判断し、もし存在するならば直接ステップS24へ、そうでなければステップS23へ進み運用ルートを設定する。ステップS24ではiを1インクリメントし、ステップS21からS24の処理をステップS25に従って、D2個の全てのデマンドについて行う。さらにステップS26ではまだ運用ルートが設定されていないデマンドについて、複数あった最小ルートから通過路の最大使用帯域が最も小さいルートを選択し、設定する処理を行う。ステップS20からS26までの処理により運用ルートの設定が終了するとステップS27からは予備リングの設定を行う。ステップS27ではまだ予備リングが割り当てられていない運用ルートのうち最長のものを選択してステップS28に進む。ステップS28ではもしすでに設定された予備リングがあればそれが単一伝送路障害を考えた時に使用可能であるか否かの判断を行

う。具体的には、運用ルートを各接続ノードで区切ったときの単位ルート1つ1つに対して障害端回復を考えたときに、各単位ルートの両端ノードを通過する予備リングの内迂回路として使用可能な片側ルートが有るか否かを判断する。もし全ての単位ルートが予備リングを共用可能であれば直接ステップS30に進み、そうでなければステップS29にてその運用ルートを復旧させるために必要な最小の予備リングを設定してステップS30に進む。このステップS27からS29までの処理をステップS30に従って全ての運用ルートに関して実行しSSRサブネットワークを得る。

【0032】ステップS04では具体的に図15、図16で示されるフローに基いてDRサブネットワークが設計される。図15、図16に従いD3個のデマンドについて設定する場合に、ステップS40からS46までは図14におけるステップS20からS26までの処理と同様であり、この処理によって全運用ルートが設定される。次にネットワークの伝送路数をM本とした場合にステップS47でmを1に初期化し、ステップS48では図14においてm番目の伝送路に割り当てられた予備リングの数をr1とし、ステップS49ではm番目の伝送路は通過しないがその両端ノードを接続ノードとする予備リングの数をr2とし、ステップS50ではm番目の伝送路に割り当てられたSSRの運用ルートの数をr3とし、ステップS51ではm番目の伝送路に割り当てられたDRの運用ルートの数をW0としてステップS52に進み、W0からr1とr2を2倍した数を引き、r3を加えた数をw(m)とする。さらにステップS53とS54の処理によってW(m)が負になった場合は0とすることで、SSR方式の予備リングの内DR方式で使用可能なリングをDR方式の予備ルートとした時、m番目の伝送路上でDR方式用の予備チャンネルの割当をすべき運用チャンネル数W(m)が求まる。ステップS48からS54で構成されるW(m)を求める処理をステップS56に従い全ての伝送路について実行する。最後にステップS57においてW(m) ($1 \leq m \leq M$) を伝送路の使用チャンネル数とした予備チャンネルの割当て処理を行うことでDRサブネットワークを得る。

【0033】以下では例を用いて詳細を説明する。図17に示す物理的ネットワーク上に表2のデマンドを設計する場合を例とする。

【0034】

【表2】

終端ノード	デマンドの数	セルフヒーリング方式	
1-2	3	SSR	01
	1	1+1SR	02
1-4	2	SSR	03
1-6	2	SSR	04
2-3	3	DR	05
2-5	3	DR	06
	2	SSR	07
2-6	7	DR	08
3-4	2	SSR	09
3-5	1	DR	10
	3	SSR	16
3-6	2	DR	11
4-5	2	SSR	12
4-6	3	SSR	13
5-6	1	1+1SR	14
	2	DR	15

図17

【0035】図17においてノード1201とノード1204は簡易機器（例えばSONET: Synchronous Optical Networkでは、接続ケーブル数が2本に限られ、インテリジェントな制御部を持たないため非常に安価な機器としてADM: Add Drop Multiplexerがある）で構成され、それ以外のノード1202、1203、1205、1206はインテリジェント機器（例えばクロスコネク機能及びインテリジェントな制御部を有する機器としてDCS: Digital Cross-connect Systemがある）で構成される。例では問題を簡易化するために、ケーブルを600Mbps（12DS3を収容）に固定し、全てのデマンド容量をSTS-1とする。まずステップS01にて適用技術のマッピングを行う。表2には適用されるセルフヒーリング技術を併せて示している。例えばノード1-2間に存在する3回線01はSSR方式が適用され、1回線02は1+1SR方式が適用される。

【0036】次にステップS02において、1+1SR方式の適用が決められたデマンド02及び14について1+1SRサブネットワークの設計を行う。図18は設計結果を表し、デマンド02はリング1301、デマンド14はリング1302で構成される。リングの矢印の向きは運用回線の信号の方向性を示す。

【0037】ステップS03ではSSR方式に基づきデマンド01、03、04、07、09、12、13、16の設計を行う。明らかに最小ホップのルートが決まる

デマンド01、04、09、12、13及び16のルートを設定し、次に最小ホップのルートが複数パターンあるデマンド03及び07についてルート上での最大割当帯域が最も小さいルートを選択して設定する。図19において、デマンド01の運用ルートは1401であり、デマンド03の運用ルートは1402、デマンド04は1403、デマンド07は1404及び1405、デマンド09は1406、デマンド12は1407、デマンド13は1418、デマンド16は1414である。次に予備リング設定を行う。結果を図20に示した。手順としてはまず、運用ルート1402の2回線に対して2つの予備リング1410を設定し、次に運用ルート1404に対して予備リング1412を設定した。運用ルート1405については既に設定された予備リング1412が共用可能であるから新たな予備リングは設けない。運用ルート1408の2回線は予備リング1410を共用し、あとの1回線には新たに予備リング1411を設定する。さらに運用ルート1401の3回線には3つの予備リング1409を設定し、運用ルート1403の2回線はこの予備リング1409を共用する。続いて運用ルート1406の2回線に2つの予備リング1413を設定する。運用ルート1414の2回線はこの予備リング1413を共用し、残りの1回線は予備リング1411をノード3（1203）とノード5（1205）で分離したことによってできる2つのルートのうち、ノード4を通過するルートを迂回路として共用する。最後に運用ルート1402の2回線も予備リング1413を共用

30

40

50

する。

【0038】ステップS04ではDR方式を適用するデマンド05、06、08、10、11及び15の設計を行う。図21、図22においてデマンド05の運用ルートは1501、デマンド06は1502、デマンド08は1503、デマンド10は1504、デマンド11は1505、デマンド15は1506である。ステップS48からS56までの処理でW(m) ($1 \leq m \leq 8$) を求める。例えば伝送路1210の場合、図20によりr1とr2はそれぞれ5、2である。また図19によりr3は1である。さらに図21によりW0は7であるから $W = 7 - (5 + 2 \times 2 - 1) < 0$ となりWは0である。このようにして求めたWは伝送路1207、1208、1209、1210、1211、1212、1213及び1214で各々1507、1508、1509、1510、1511、1512、1513及び1514で示される値となる。最後にこれらの値を運用チャネルとして予備チャネルの割り当てアルゴリズムを実行すると括弧内の数値を予備チャネル数とするサブネットワークが求まる。

【0039】ステップS05では3つのサブネットワークを重ね合わせる。その結果、図23に示すように伝送路1207には6STS-1の使用帯域、5STS-1の予備帯域が割り当てられる。その他の伝送路に関しても同様に示してある。

【0040】次に、本発明の統合型セルフヒーリングネットワークの復旧制御について説明する。本発明においては、障害が発生した場合に起動するセルフヒーリング処理がデマンド毎に各ノードで定められており、障害回線が適用方式毎の異なるメカニズムで復旧される。図24は上記で設計されたネットワークの一部を抜粋したものである。図24において、障害1716が発生すると、予め1+1SR方式が適用された回線には受信ノードで受信信号を予備ルート側に切り替える処理が実行される。1+1SR方式とそれ以外の2方式は予備帯域や制御方式の面で全く独立なので、この例には1+1SR方式の復旧動作は示していない。SSR方式が適用されたデマンドには予め決められた予備リングに切り替える処理が実行され、DR方式が適用されたデマンドにはメッセージの送受信に基づく障害復旧処理が実行される。例ではバス1707及び1708が影響を受ける。

【0041】図25においてSSR方式が適用されるバス1708は障害端ノード1202及び1206において予備リング上のルート1802に切り替えられる。

【0042】図26ではDR方式が適用されるバス1905～1908に対し、ノード(センダー)1202はノード1201に第1のヘルプメッセージ1903を、ノード203に第1のヘルプメッセージ1901と1902及び第2のヘルプメッセージ1904を送出する。第1のヘルプメッセージ1903を受信したノード12

01はリング1909の割り当てられている次の伝送路に第1のヘルプメッセージを転送する。第1のヘルプメッセージ1901についてもリング1909に沿って、第1のヘルプメッセージ1902についてはリング1910に沿って転送される。第2のヘルプメッセージについては分散型障害回復方式(従来の技術における文献e)に基づきフラッディングされる。

【0043】このような処理によりノード1206に第1のヘルプメッセージや第2のヘルプメッセージが到達すると、図27に示すようにノード(チューザ)1206は第1のヘルプメッセージに対しては第1のリンクメッセージ2001、2002及び2003を返送し、第2のヘルプメッセージに対してはリターンメッセージ2004を返送する。この時ノード1206では障害を受けたバスは予備リングによる迂回路にスイッチされる。

【0044】ノード1202は第1のリンクメッセージを受信すると図28に示すように、障害バスを予備リングによる迂回路にスイッチする。またリターンメッセージを受信すると、同様に障害バスをリターンメッセージにより探索された迂回路にスイッチし、第2のリンクメッセージ2101を返送する。第2のリンクメッセージは各中継ノードで予備チャネルをリンクし迂回路を形成する。

【0045】次に本発明のさらに他の実施例として図面を参照して説明する。図29はSONET環境における本発明の統合型セルフヒーリング方式の動作例である。3つのDCS(Digital Cross-Connect Systems)3101、3102、3103と1つのADM(Add-Drop Multiplex)3104が5本の物理ライン3113、3114、3115、3116及び3117によって構成されるネットワーク(図29(a))において、DCS3102とDCS3103間に予備チャネル3105、DCS3101とDCS3102間に予備チャネル3106、また予備チャネルがリング状に接続された予備リング3107が設定されている。

【0046】DCS3101とADM3104間のラインに障害が発生した場合に、運用回線3108は不通となる。この場合に回線3108は、SSR方式による復旧処理が実行される。即ち回線3108はDCS3101とADM3104において予備リング3107に切り替えられて図29(b)に示す経路となって復旧する。

【0047】DCS3101とDCS3103間のラインに障害が発生した場合には、回線3108はDR方式による復旧処理が実行される。DCS3101がSENDER、DCS3103がCHOOSEERとなり、メッセージのやり取りを行いながら迂回路を形成する。その結果回線3108は、予備チャネル3105及び3106が接続されてできた迂回路によって、図29(c)に

示す経路で復旧する。

【0048】図30は、図29のDCS3101における本発明の一実施例とし、ノード内で実行されるSSR及びDRの障害復旧処理を示したブロック図である。DCS3101において、各物理ラインはライン終端装置(LTE)3201、3202及び3203に接続される。ここでデータはクロスコネクタ回路(CROSS)3204に、DR制御メッセージはメッセージ処理回路(MSG-PRO)3206に、アラーム信号はアラーム処理部(ALM-PRO)3205に接続される。

【0049】クロスコネクタ回路(CROSS)3204は、内蔵するRAMに保持しているクロスコネクタマップを基にデータのクロスコネクタ(交換接続)を行う。また、DRアルゴリズム部(DR-ALG)3207や迂回マップ群(R-MAP)3208から、クロスコネクタ変更指示を受けた場合にはクロスコネクタ状態を変更する。

【0050】メッセージ処理回路(MSG-PRO)3206は、ライン終端装置(LTE)で抽出されたDR制御メッセージをDRアルゴリズム部(DR-ALG)3207に転送すると共に、DRアルゴリズム部(DR-ALG)3207で生成されたDR制御メッセージをライン終端装置(LTE)に分配する。

【0051】アラーム処理部(ALM-PRO)3205では、アラーム信号が、P-AISやLOS、あるいはL-AISであり、かつ、DRが適用されているDCS-DCS部分回線(図33で説明される)で発生したならば、そのアラームをDRアルゴリズム部(DR-ALG)3207に通知する。また、アラーム信号が、LOSあるいはL-AISで、かつ、SSRが適用されているADM-DCS部分回線で発生したならば、迂回マップ群(R-MAP)3208の中から、そのアラームに対応した迂回マップを選択し、迂回マップで指示された予備リングに切り替えるためのスイッチ差分情報をクロスコネクタ回路(CROSS)3204に転送する。ここで迂回マップ群(R-MAP)3208とは、SSR方式固有の障害復旧用切り替えマップである。以上のようにアラーム処理部によってDR方式の起動とSSR方式の起動が制御される。

【0052】DRアルゴリズム部(DR-ALG)3207は、DCS-DCS部分回線に関して、自ノードがSENDERであるのか、CHOOSERであるのか、またそれ以外の中継ノードなのか、を定義するプロビジョニングデータを持つ。DRアルゴリズム部(DR-ALG)3207に回線アラームが転送されると、障害回線に対応するプロビジョニングデータを検索し、自ノードがSENDERと定義されていたら、DR回線端方式におけるSENDERとしての処理を実行する。CHOOSERであった場合も同様である。中継ノードであれば、何も処理を行わない。

【0053】また、メッセージ処理回路(MSG-PRO)3206から、DR制御メッセージを受信すると、そのメッセージの内容に応じたアルゴリズムを実行する。その際、送出すべきDR制御メッセージが発生した場合には、転送先アドレスを付与したDR制御メッセージをメッセージ処理回路(MSG-PRO)に転送する。また特に、迂回路の接続処理や迂回路への切り替え処理が発生した場合には、スイッチ差分情報をクロスコネクタ回路(CROSS)3204に転送する。

【0054】次に、本発明である統合型セルフヒーリング方式の、障害箇所と適用されるセルフヒーリング方式の関係を詳細に説明する。DR方式は、適用環境をインテリジェント機器(SONETではDCS等のクロスコネクタ装置)に制約されることを前に述べた。この制約によって簡易機器(SONETではADM)が混在する実ネットワークにおいては、DCSを両終端ノードとする回線しかDR方式が適用できないため、ネットワークの信頼性に限界があった。そこで本発明では、ADMで終端される回線については、DCSで挟まれる内部回線にはDRを適用し、外側の部分回線にはSSRを適用して信頼性向上を狙う。

【0055】図31には“ADM-ADM”終端タイプ3301と“ADM-DCS”終端タイプ3302と“DCS-DCS”終端タイプ3303の3タイプの回線が示されている。本発明では、DCSノード(丸で示す)とADMノード(四角で示す)が混在する実SONETネットワークにおいて、両終端ノードの機器種別によって回線の終端タイプを定義する。特に、回線の経路上に2つ以上のDCSを含む“ADM-ADM”及び“ADM-DCS”終端タイプの回線を複数の部分回線に区切る。“ADM-ADM”終端タイプ3301の回線は、回線の両最端のDCSで区切られ、内部のDCS-DCS部分回線と両端のADM-DCS部分回線に分けられる。また、“ADM-DCS”終端タイプの回線は、ADMで終端される側で最も外側にあるDCSでDCS-DCS部分回線とADM-DCS部分回線に分けられる。DCS-DCS部分回線にはDR方式、ADM-DCS部分回線にはSSR方式を適用する。

【0056】一実施例を図32、図33、図34及び図35に示す。図32で運用回線3401は、“ADM-ADM”終端タイプの回線である。運用回線3401は、図33に示すADM-DCS部分回線3501及び3503と、DCS-DCS部分回線3502に区分される。そしてADM-DCS部分回線3501に障害が発生した場合、即ち障害3504が発生した場合には、障害ライン端のノードで予備リング3403に迂回され、回線3401は図34に示す経路3601となる。障害3511が発生した場合にも障害端ノードで予備リング3403に迂回されて復旧する。また、DCS-DCS部分回線3502上の障害パターン3505、35

06, 3507, 3508, 3509及び3510発生時には、部分回線3502の仮想終端ノード3512と3513間でDRの回線端回復方式が起動される。例えば、障害3506が発生した場合には、回線3401は予備チャネル3402に迂回されて図35に示す経路3701となる。

【0057】

【発明の効果】以上説明したように本発明は、特長の異なるセルフヒーリング技術をトラヒックの持つ信頼性要求に合わせて適用した統合型のセルフヒーリング構成をとることで、種々のトラヒックの持つ信頼性要求を満足しつつ、セルフヒーリングコストを最小とするセルフヒーリングネットワークの実現を可能にする効果がある。

【0058】また本発明は、特長の異なるセルフヒーリング技術をデマンドの持つ信頼性要求に合わせて適用した統合型のセルフヒーリング構成をとることで、種々のデマンドの持つ信頼性要求を満足しつつ、セルフヒーリングコストを節約するセルフヒーリングネットワークの実現を可能にする効果がある。

【0059】さらに本発明は、回線を経路上のノード種別によって仮想分割してできる部分回線に、2種のセルフヒーリング技術を使い分ける統合型のセルフヒーリングネットワーク構成をとることで、ネットワークの信頼性向上を可能にする効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の統合型セルフヒーリングネットワークの設計フローを示す図である。

【図2】実施例におけるバックボーンネットワークを示した説明図である。

【図3】1+1SR方式によるサブネットワーク図である。

【図4】SSR方式に関する初期（使用帯域を最小にすることを目的とする）サブネットワークの設計手法を示した説明図である。

【図5】DR方式に関する初期サブネットワークの設計手法を示した説明図である。

【図6】初期サブネットワーク3種を重ね合わせたネットワークのケーブル数を示す図である。

【図7】統合型セルフヒーリングの構成要素として、SSR方式によるサブネットワークを示す図である。

【図8】統合型セルフヒーリングネットワークの構成要素として、DR方式によるサブネットワークを示す図である。

【図9】統合型セルフヒーリングネットワークのケーブル数を示す図である。

【図10】本発明の統合型セルフヒーリングネットワークの動作フローを示す図である。

【図11】障害が発生した場合の統合型セルフヒーリングネットワークの動作に関する説明図である。

【図12】本発明の統合型セルフヒーリングネットワー

クの設計フローを示す図である。

【図13】本発明の1+1SRサブネットワークの設計フローを示す図である。

【図14】本発明のSSRサブネットワークの設計フローを示す図である。

【図15】本発明のDRサブネットワークの設計フローを示す図である。

【図16】本発明のDRサブネットワークの設計フローを示す図である。

10 【図17】実施例におけるバックボーンネットワークを示す図である。

【図18】1+1SR方式によるサブネットワーク図である。

【図19】SSR方式によるサブネットワーク図である。

【図20】SSR方式によるサブネットワーク図である。

【図21】DR方式によるサブネットワーク図である。

【図22】DR方式によるサブネットワーク図である。

20 【図23】サブネットワーク3種を重ね合わせた統合型セルフヒーリングネットワークを示す図である。

【図24】統合型セルフヒーリングネットワークの復旧動作を示すためのネットワーク例である。

【図25】SSR方式の復旧動作を示す図である。

【図26】DR方式の復旧動作を示す図である。

【図27】DR方式の復旧動作を示す図である。

【図28】DR方式の復旧動作を示す図である。

【図29】本発明の統合型セルフヒーリング方式のシステム動作例を示した図である。

30 【図30】本発明の統合型セルフヒーリング装置の処理遷移を表すブロック図である。

【図31】本発明の3つの終端タイプの回線を示した説明図である。

【図32】“ADM-ADM”終端タイプの回線例を示した説明図である。

【図33】本発明の回線区分のルール、及び障害箇所と起動されるセルフヒーリング方式の関係を示した説明図である。

40 【図34】ADM-DCS部分回線上に障害が発生した場合のSSR方式の動作例である。

【図35】DCS-DCS部分回線上に障害が発生した場合のDR方式の動作例である。

【符号の説明】

201, 204 簡易機器

202, 203, 205, 206 インテリジェント機器

207~214 ノード間接続伝送路

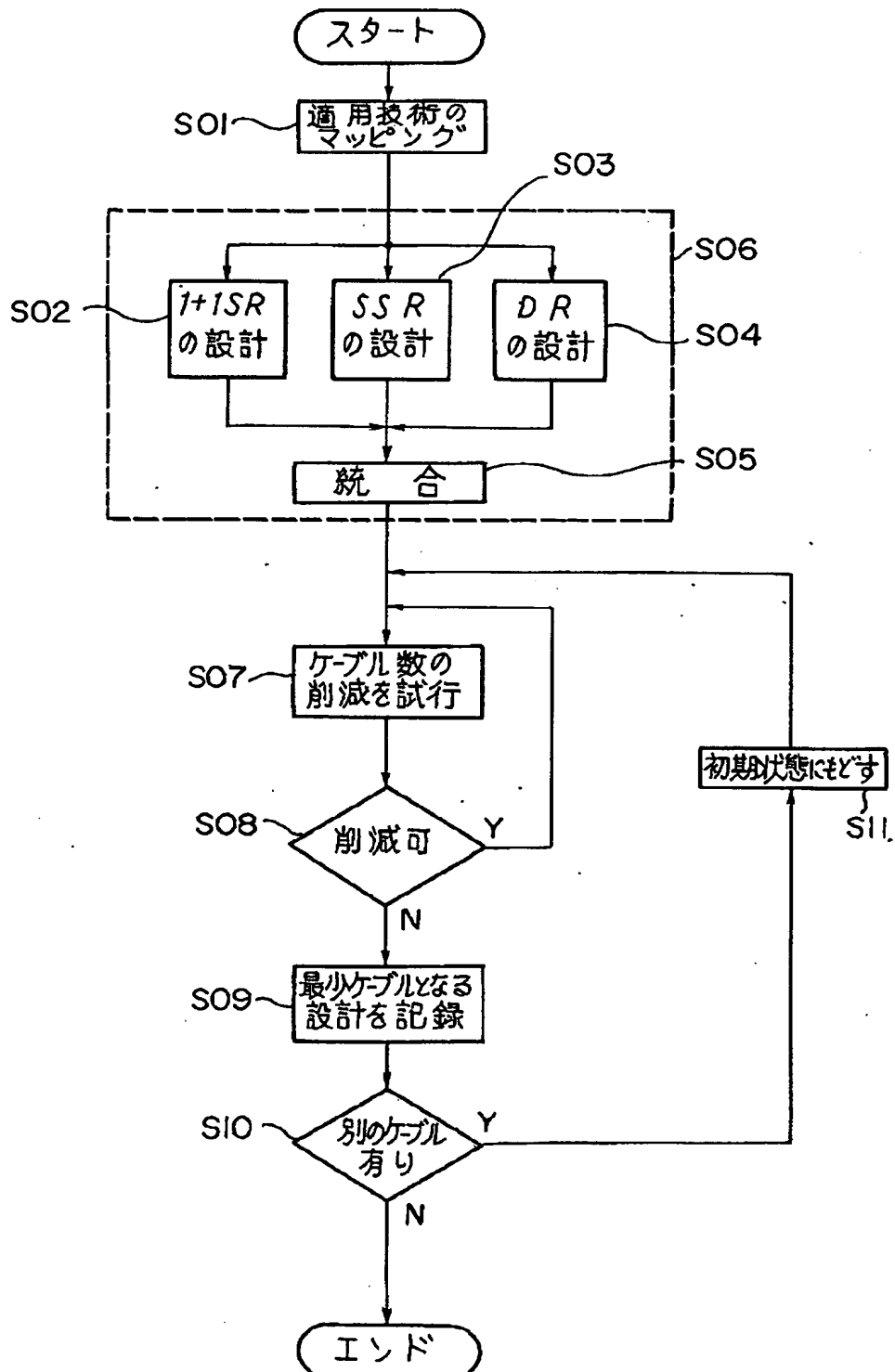
1201, 1204 簡易機器

1202, 1203, 1205, 1206 インテリジェント機器

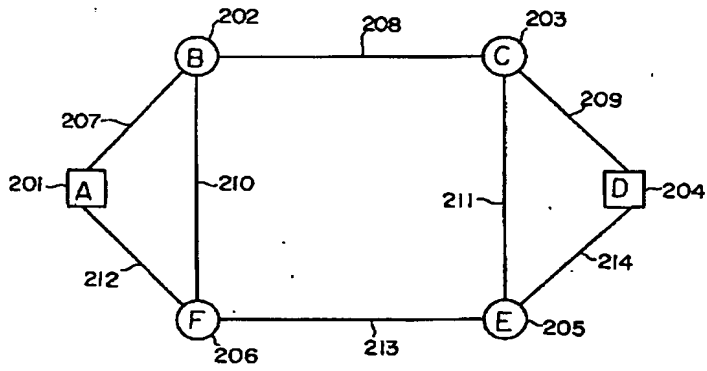
1207~1214 ノード間接続伝送路
 3101, 3102, 3103 DCS
 3104 ADM

3105, 3106 予備チャンネル
 3107 予備リング
 3108 運用回線

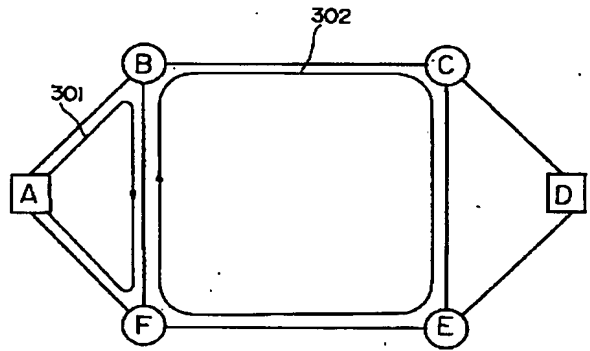
【図1】



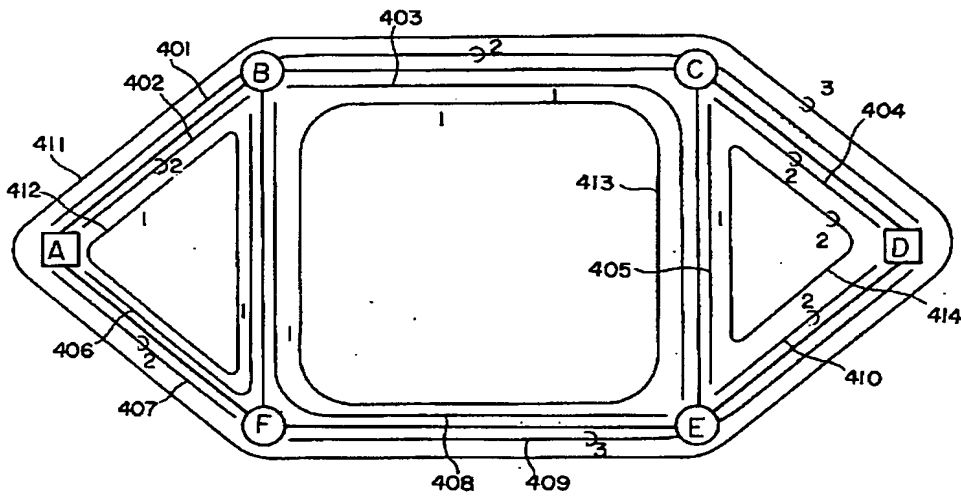
【図2】



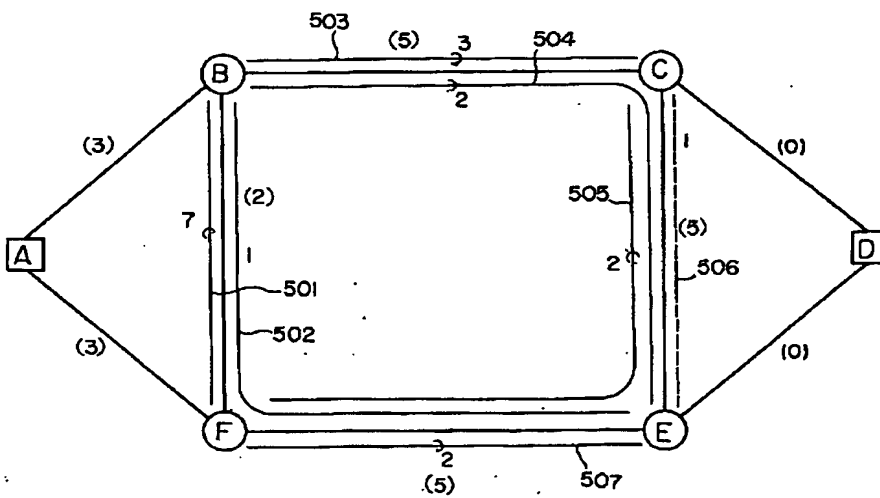
【図3】



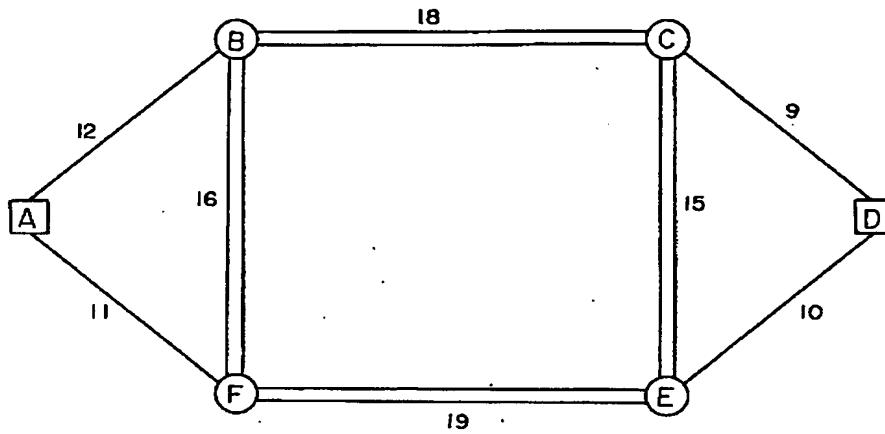
【図4】



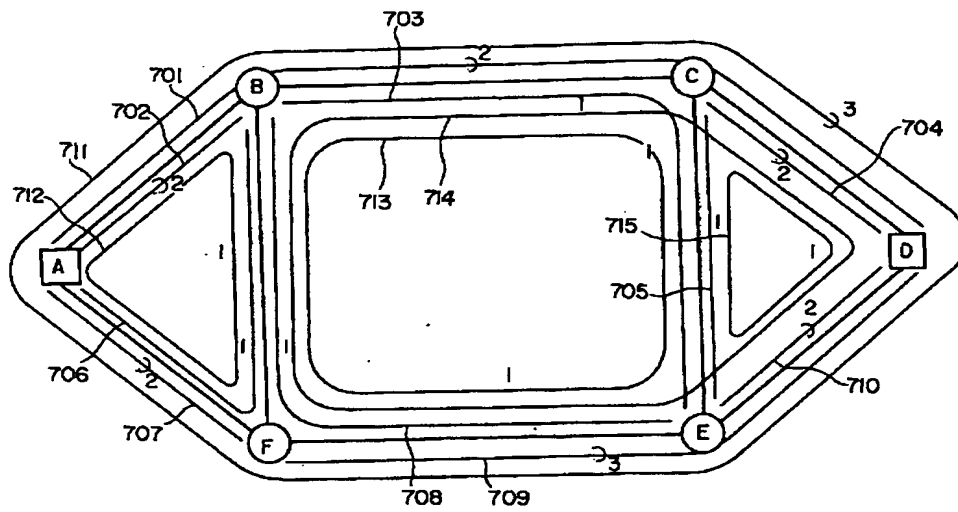
【図5】



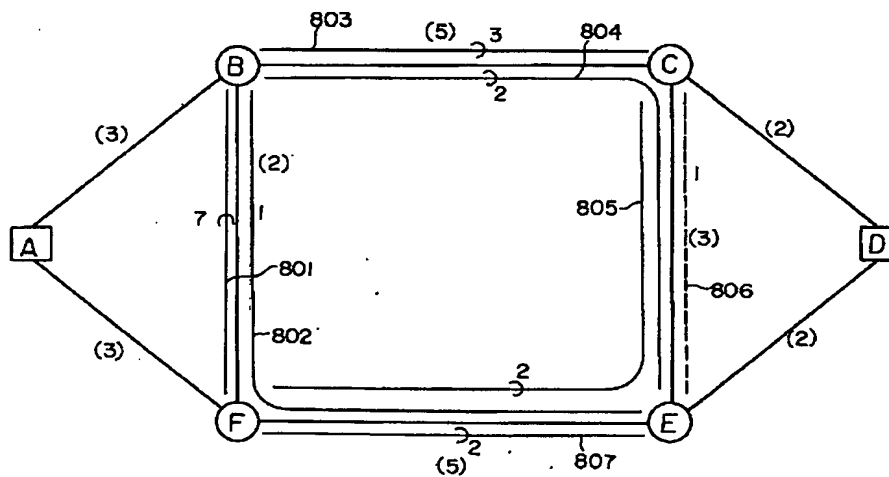
【図6】



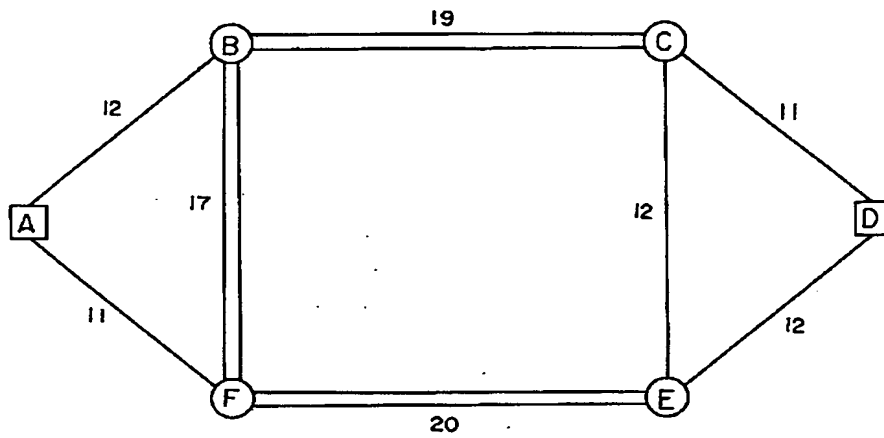
【図7】



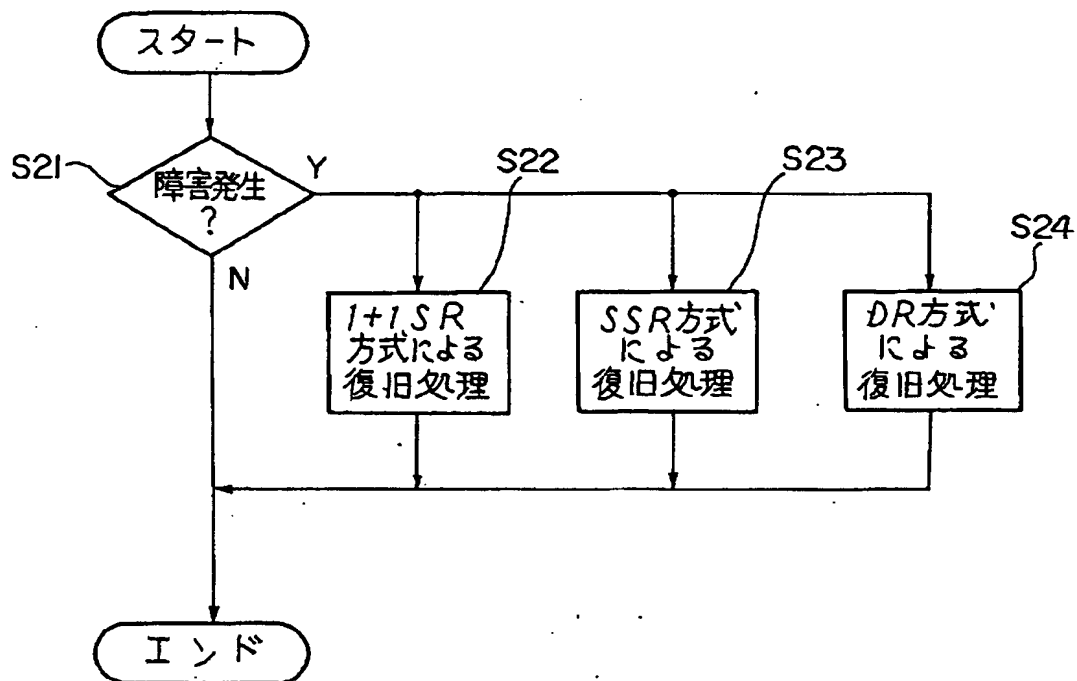
【図8】



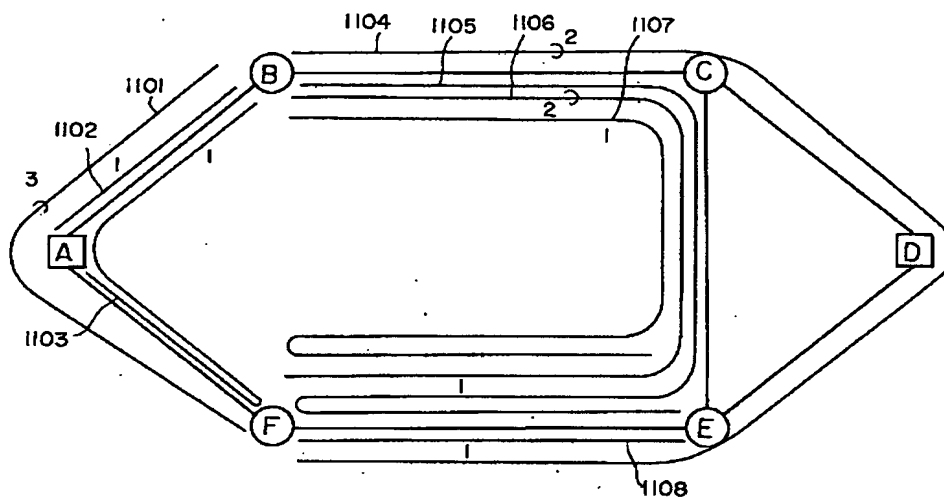
【図9】



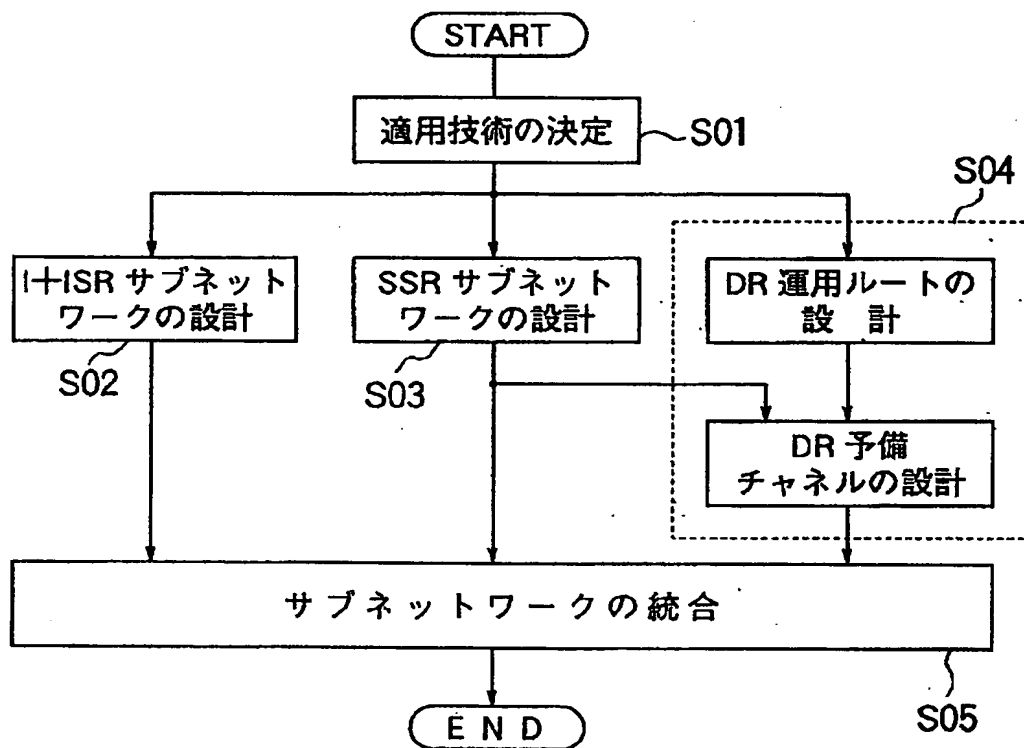
【図10】



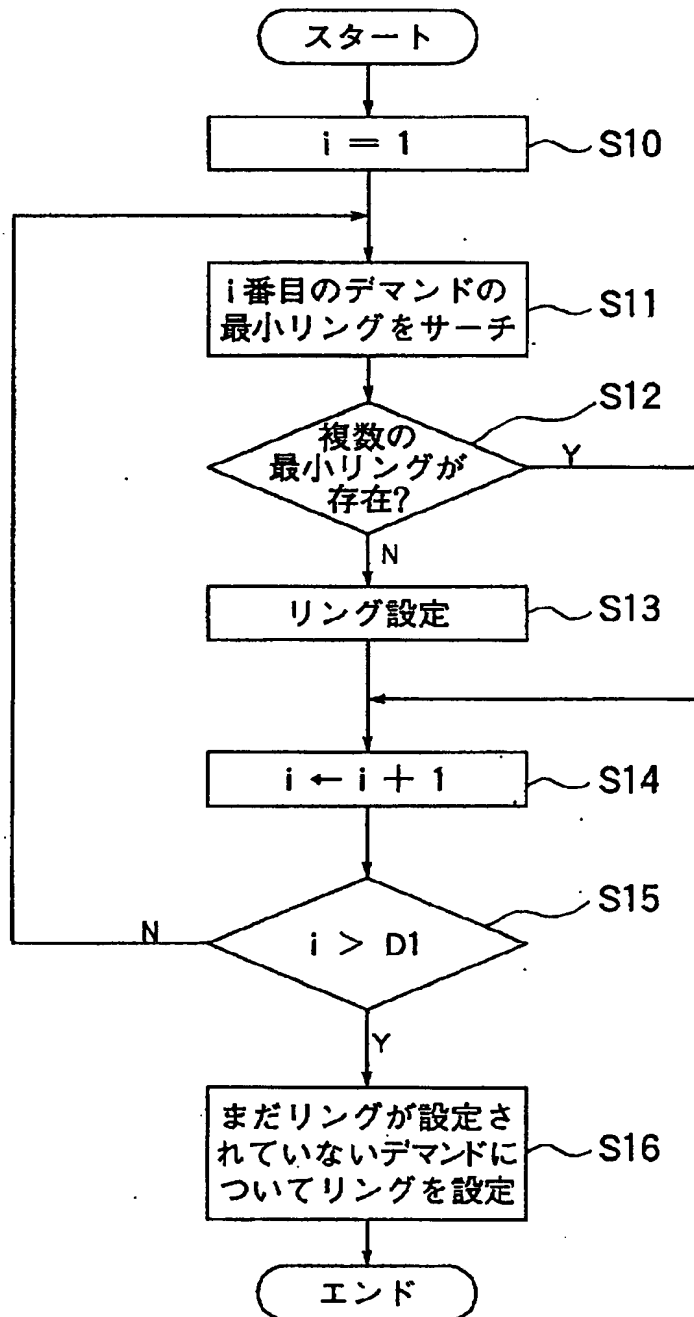
【図11】



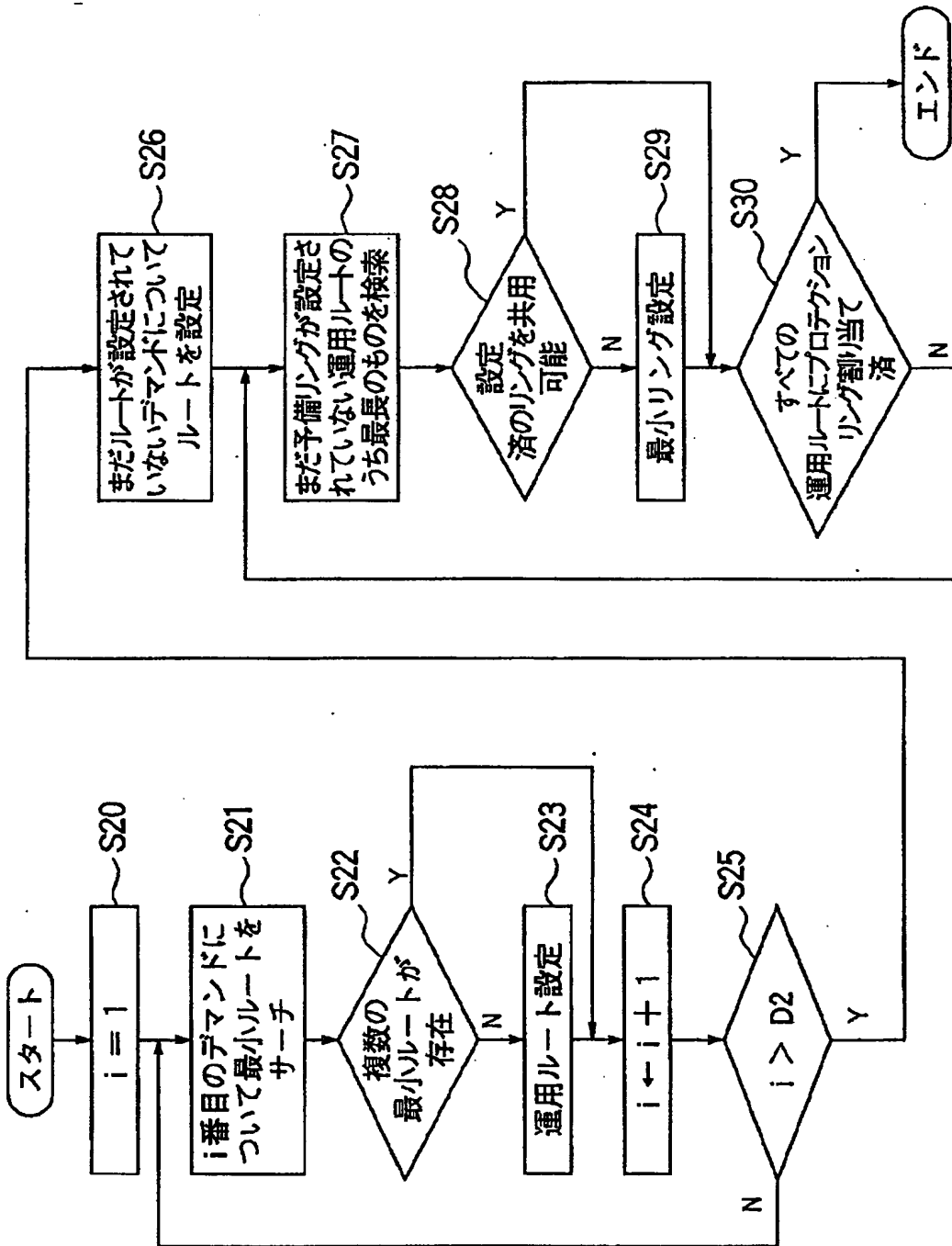
【図12】



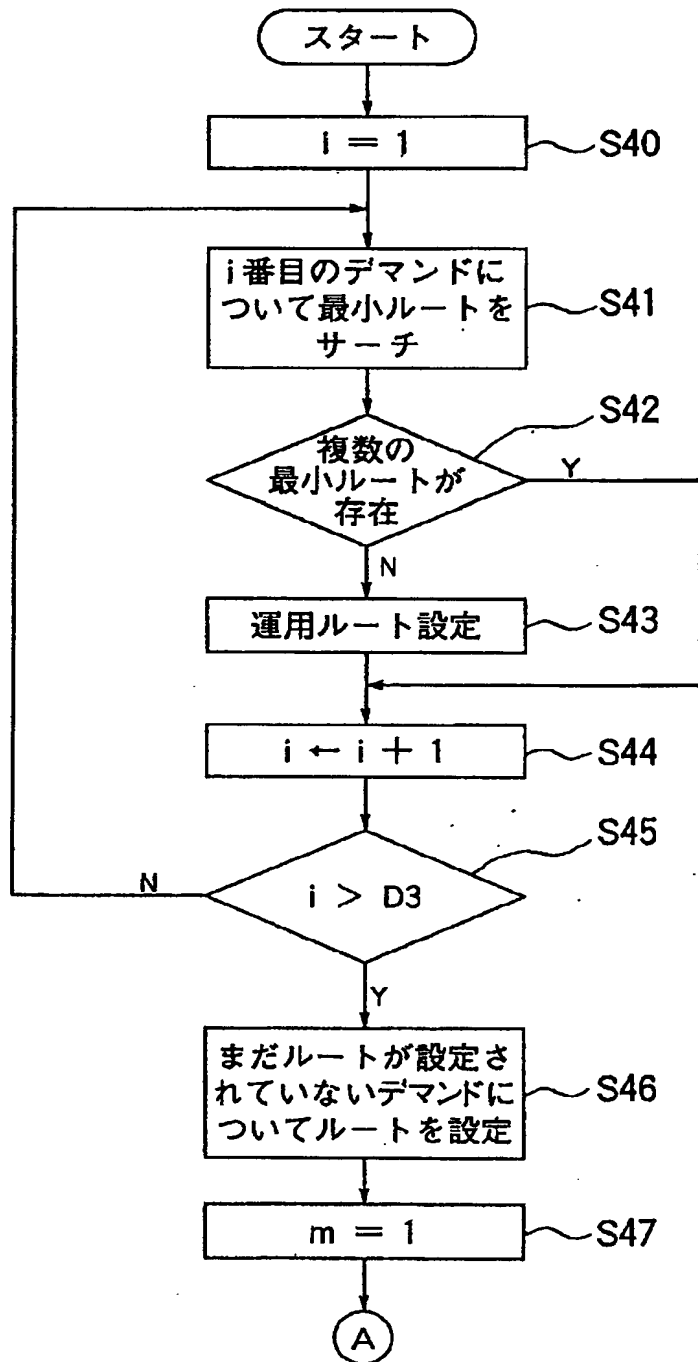
【図13】



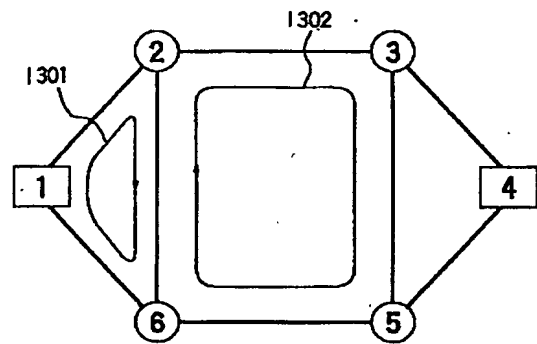
【図14】



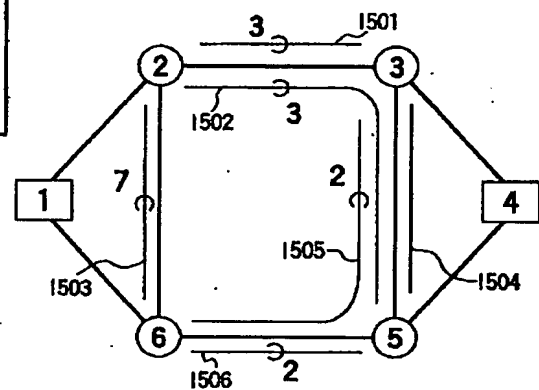
【図15】



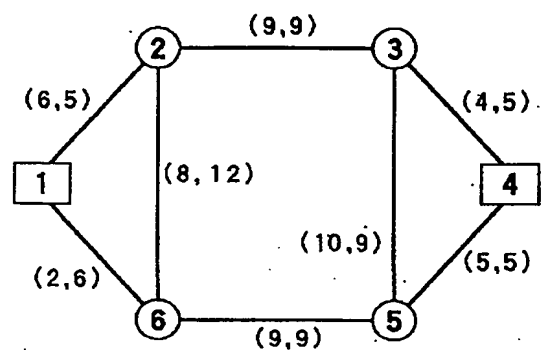
【図18】



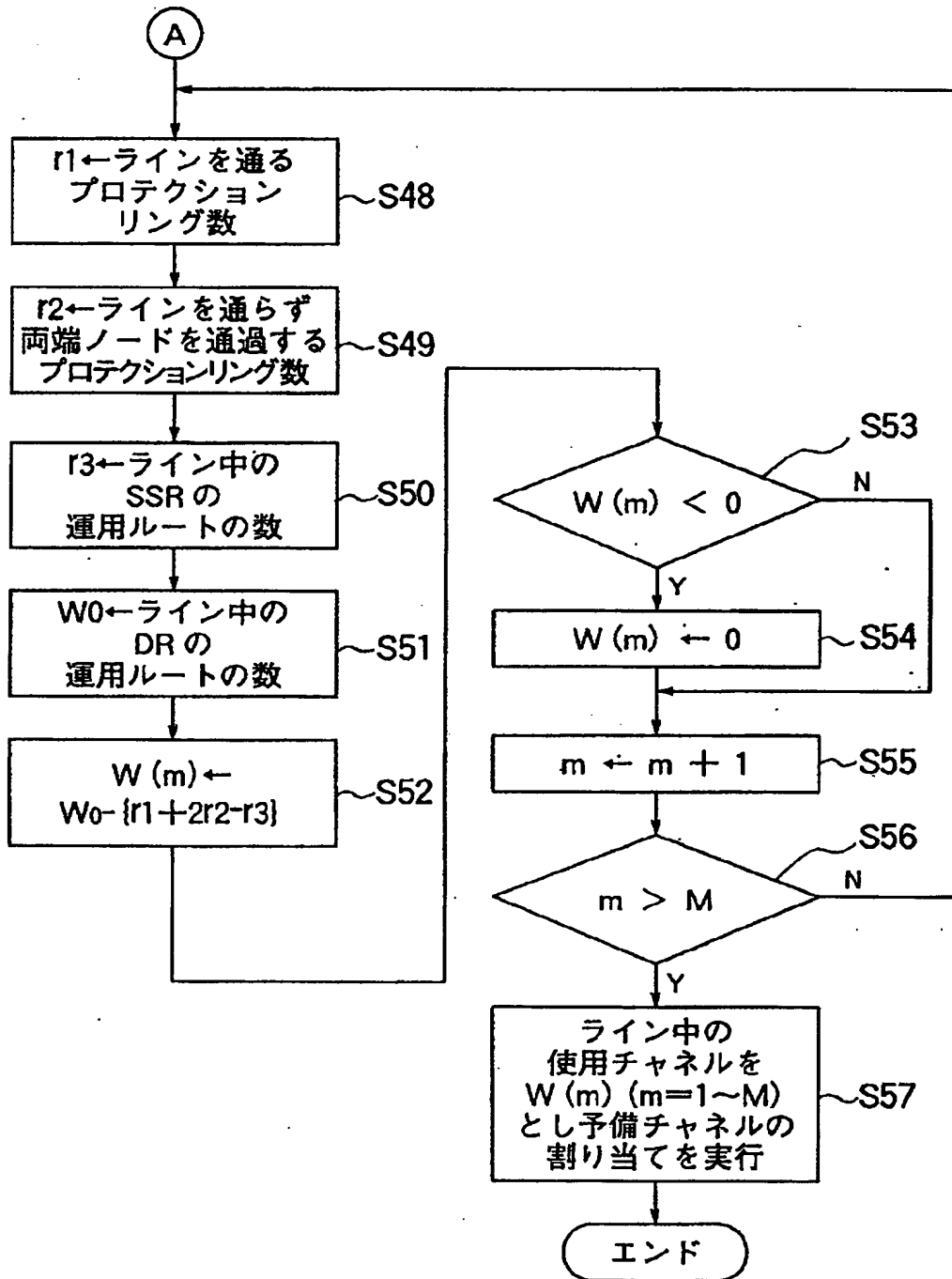
【図21】



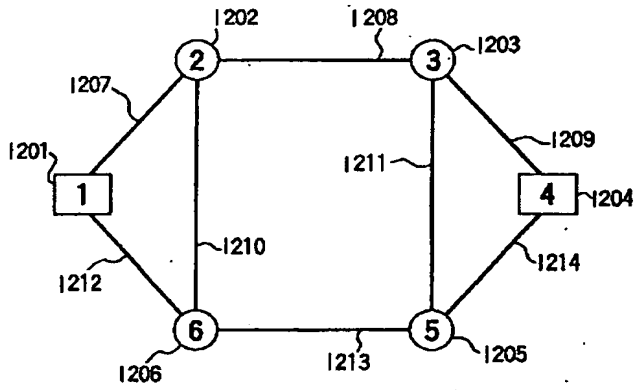
【図23】



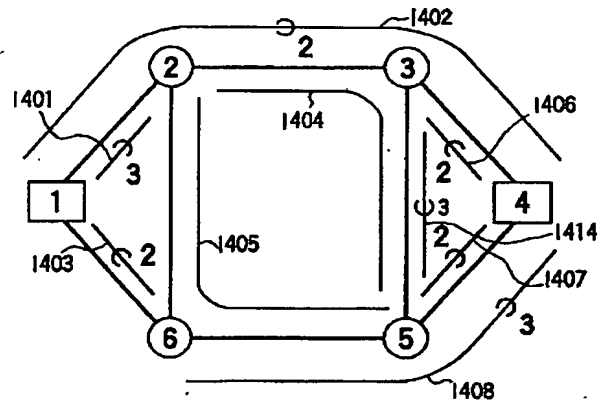
【図16】



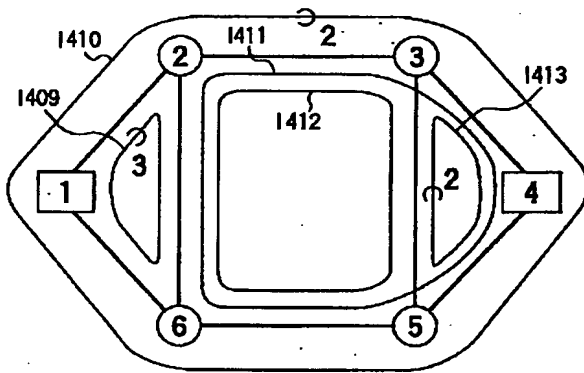
【図17】



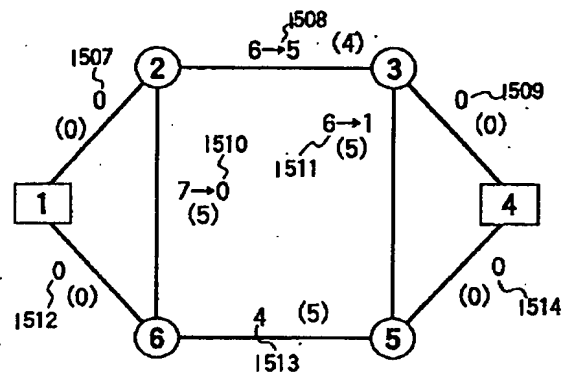
【図19】



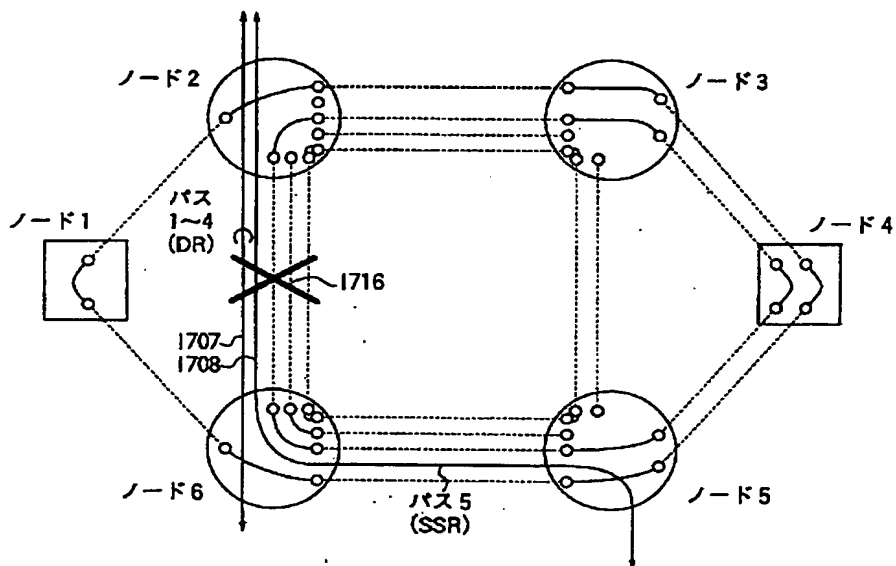
【図20】



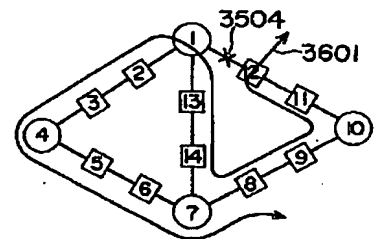
【図22】



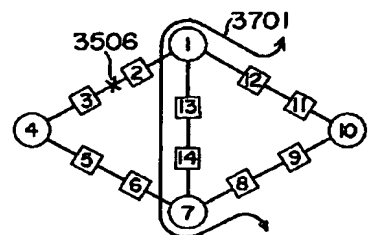
【図24】



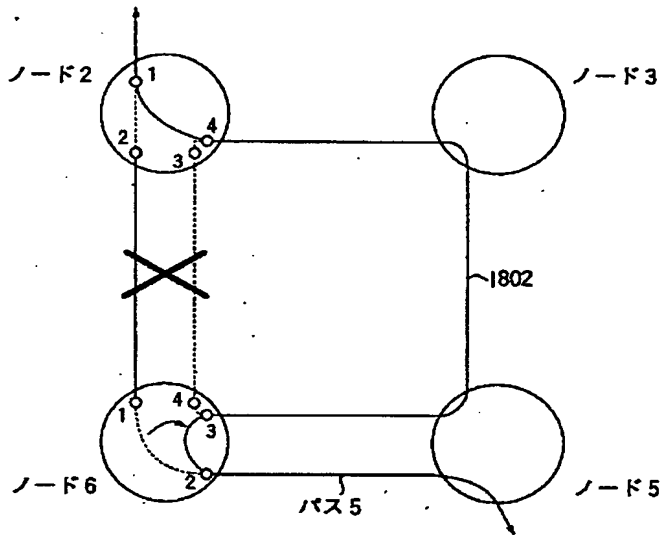
【図34】



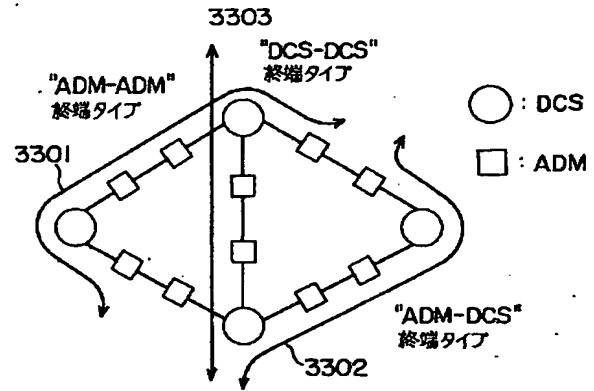
【図35】



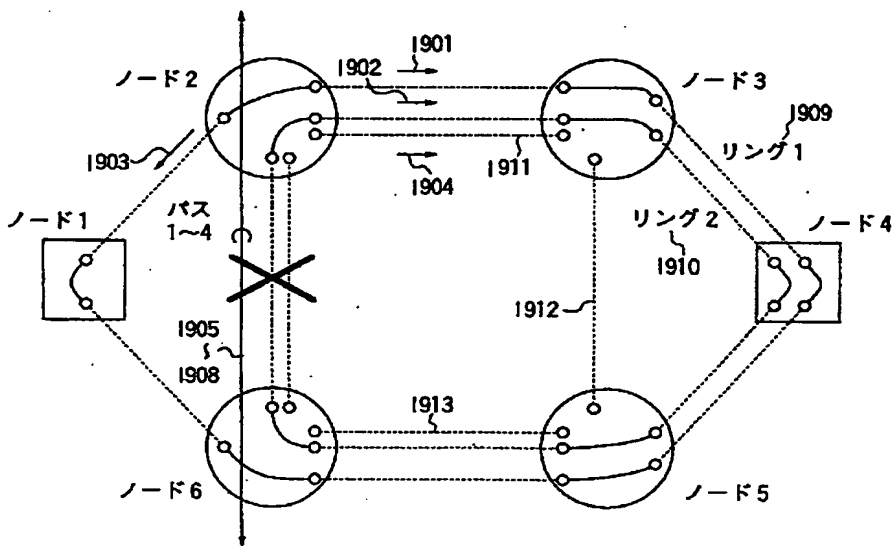
【図25】



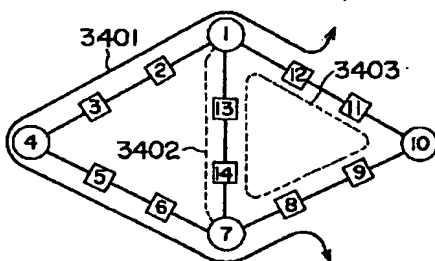
【図31】



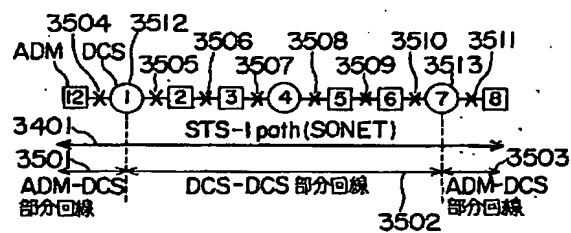
【図26】



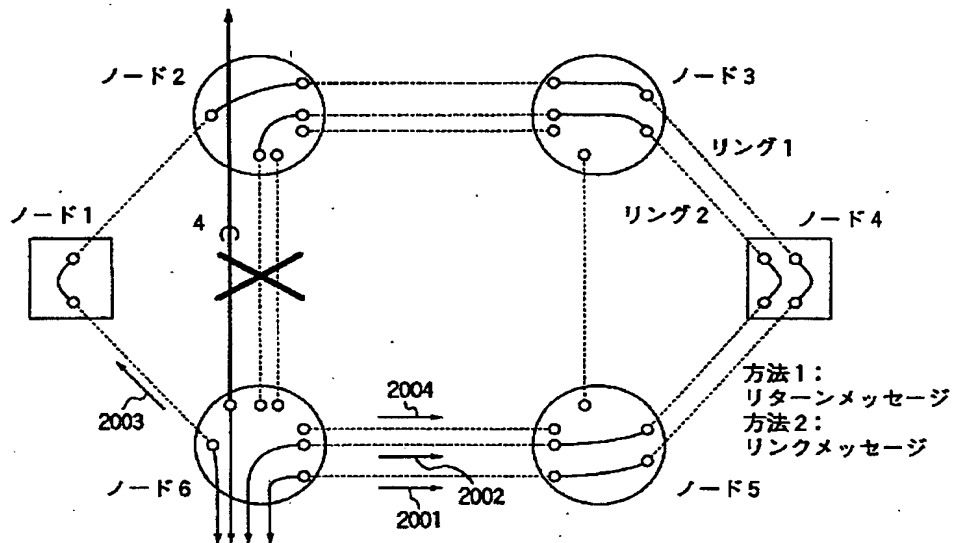
【図32】



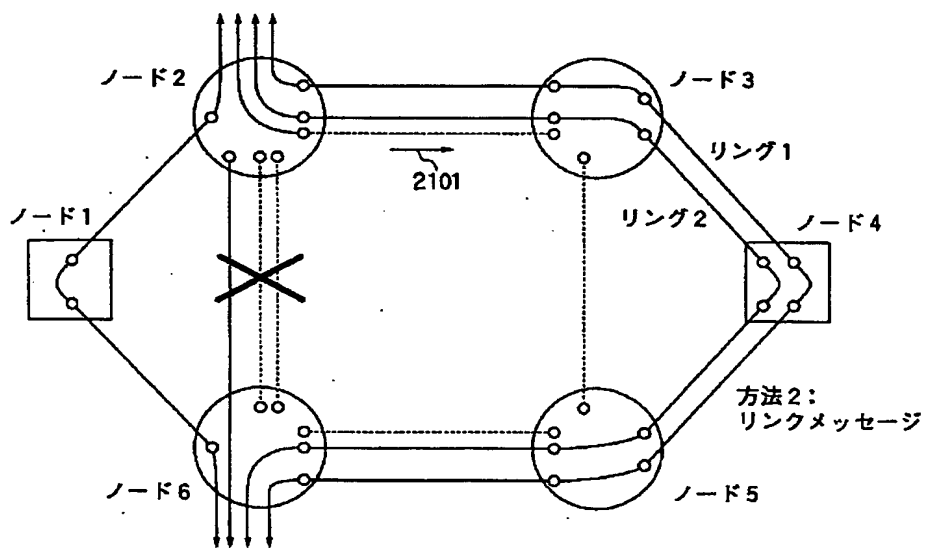
【図33】



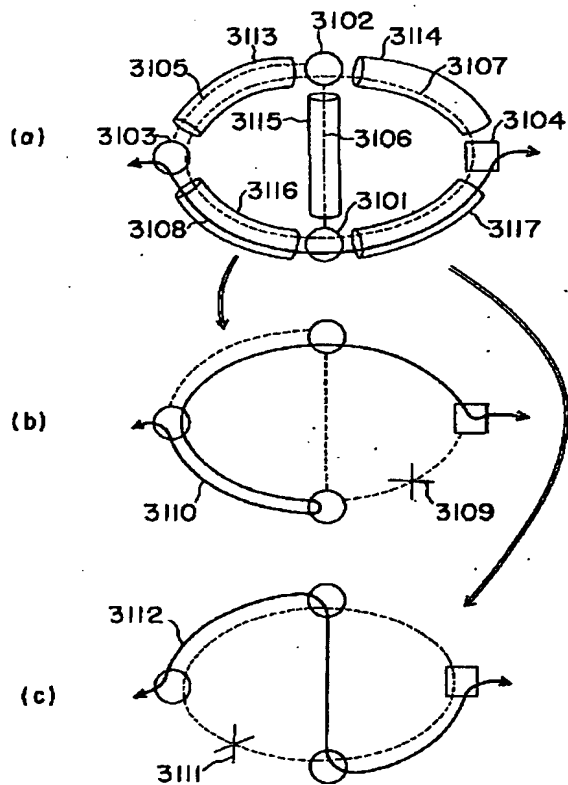
【図27】



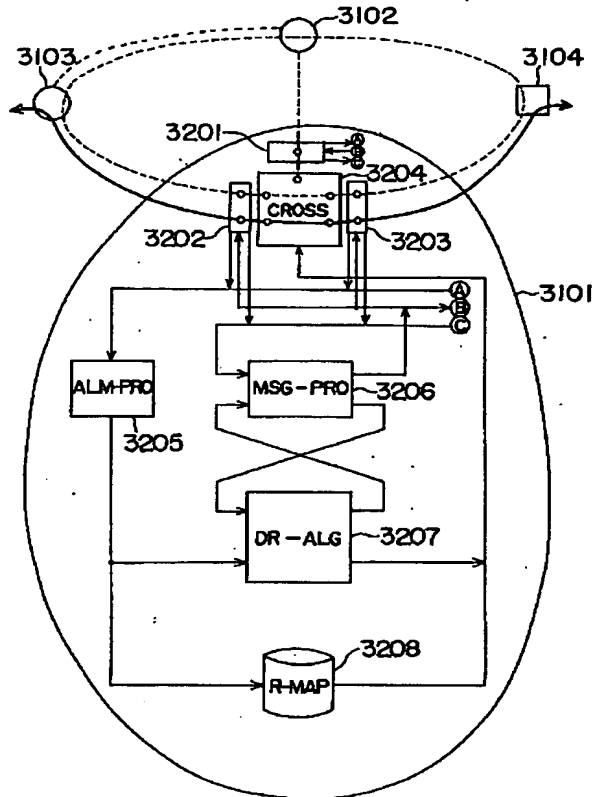
【図28】



【図29】



【図30】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁵
H 0 4 Q 11/04

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

9076-5K

H 0 4 Q 11/04

K

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.